Ergographische Studien.

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin verfasst und einer hohen medizinischen Fakultät der K. bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München vorgelegt von

Hans W. Gruhle

approbiertem Arzt aus Lübben.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Sonderabdruck aus den Psychologischen Arbeiten, herausgegeben von Emil Kraepelin, Leipzig Engelmann 1912.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München.
Referent: Hofrat Professor Dr. E. Kraepelin.

Ergographische Studien

von

Hans W. Gruhle

Mit 11 Figuren im Text

Sonderabdruck aus: »Psychologische Arbeiten«. VI. Band, 3. Heft

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Leipzig
Wilhelm Engelmann
1912

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

Die Beeinflussung der Sinnesfunktionen durch geringe Alkoholmengen

Von

Dr. Wilhelm Specht

I. Teil. Mit 16 Textfiguren

(Sonderabdruck aus: Archiv für die gesamte Psychologie. IX. Bd.)

gr. 8. IX u. 115 S. *M* 1.60

Preisgekrönte Arbeit

Zeitschrift für Pathopsychologie

unter Mitwirkung von

N. Ach (Königsberg), **H. Bergson** (Paris), **G. Heymans** (Groningen), **P. Janet** (Paris), **F. Krueger** (Halle), **O. Külpe** (Bonn), **H. Liepmann** (Berlin), **E. Meumann** (Hamburg), **E. Müller** (Göttingen), **H. Münsterberg** (Cambridge U. S. A.), **A. Pick** (Prag), **R. Sommer** (Gießen), **G. Störring** (Straßburg i. E.)

Herausgegeben von

Wilhelm Specht

I. Band, 1. Heft (S. 1—186.) gr. 8. *M* 4.60

Inhalt: Vorwort des Herausgebers. — Zur Einführung: Über den Wert der pathologischen Methode in der Psychologie und die Notwendigkeit der Fundierung der Psychiatrie auf einer Pathopsychologie. Von Wilhelm Specht. — Psychologie und Pathologie. Von Hugo Münsterberg. — Zur Lehre von den Störungen des Realitätsurteils bezüglich der Außenwelt; zugleich ein Beitrag zur Lehre vom Selbstbewußtsein. Von Arnold Pick. — Über Selbsttäuschungen. Von Max Scheler. — Versuch zu einer Darstellung und Kritik der Freud'schen Neurosenlehre. Von Kuno Mittenzwey.

I. Band, 2. und 3. Heft (S. 187—554.) gr. 8. *M* 13.—

Inhalt: Psychologie und Medizin. Von Oswald Külpe. — Über Ressentiment und moralisches Werturteil. — Ein Beitrag zur Pathopsychologie der Kultur. Von Max Scheler. — Versuch zu einer Darstellung und Kritik der Freud'schen Neurosenlehre (Fortsetzung). Von Kuno Mittenzwey. — Zur Theorie der Trugwahrnehmungen. Von Eduard Hirt. — Stottern als assoziative Aphasie. Einführung in eine psychologische Betrachtungsweise. Mit 6 Abbildungen im Text und einem Schema. Von Th. Hoepfner.

I. Band, 4. Heft (IV u. S. 555—700) gr. 8. *M* 5.—

Inhalt: Anfrage an den Herausgeber. Von H. Liepmann. — Antwort an Herrn Professor Liepmann. Von Wilhelm Specht — Die Erinnerungstäuschungen der »reduplizierenden Paramnesie« und des »déjà-vu«, ihre klinische Differenzierung und ihre psychologischen Beziehungen zueinander. Von Maximilian Rosenberg. — Über Störungen des »Wiedererkennens«. Eine kritische Untersuchung im Anschluß an »Matière et mémoire« von Henri Bergson. Von Willy Mayer. Mit einer Vorbemerkung des Herausgebers. — Versuch zu einer Darstellung und Kritik der Freud'schen Neurosenlehre. Von Kuno Mittenzwey. (2. Fortsetzung.)

Ergographische Studien[1]).

Von

Hans W. Gruhle (Heidelberg).

Mit 11 Figuren im Text.

Inhalt:

Formen des Ergogramms.
Schwierigkeiten
der Apparatanordnung,
der Versuchsanordnung,
der Ausmessung der Kurven.

Allgemeiner Teil.
Analyse der Muskelzuckung.
I. Der Einzelziehung.
Entspricht das Ergogramm einem Myogramm, insbesondere ist es der Ausdruck der Zuckung eines Muskels oder welcher?
Mit welcher Art der Muskelzuckung läßt sich die Muskelkontraktion im Ergographen am ehesten vergleichen?
Zerlegung des Ergogramms in seine Teile
Latenzstadium,
Anstieg,
Höhe,
Treppe,
»Weiterer« Abfall.
Deutung der bisherigen Resultate,
Abfall.
II. Der Zeitkontraktion.

---

1) Die Versuche, die diesen ergographischen Studien zugrunde liegen, wurden im Winter 1904/5 in den psychologischen Laboratorien der Münchener psychiatrischen Klinik ausgeführt. Die erste Bearbeitung fand 1906, eine nochmalige Durchsicht formaler Art 1911 statt, ohne daß es möglich war, die seither erwachsene Literatur zu verarbeiten.

Spezieller Teil.
Versuchsanordnung.
Ergebnisse der Versuche der Versuchsperson Bar.
Zusammenfassung.
Ergebnisse der Versuchsperson Hi.
Vergleich beider Versuchspersonen und Schlußworte.

Auf eine Anregung Kraepelins hin stellte ich mir die Aufgabe [im Winter 1904/5], den Einfluß des Alkohols auf die am Ergographen geleistete Arbeit zu untersuchen, nicht jedoch wie bisher auf die überhaupt mögliche Arbeit (also auf die Ermüdungskurve) mein Augenmerk zu richten, sondern etwaige Änderungen der Einzelkurve zu beobachten und zu beschreiben. Es lag mir ursprünglich nur im Sinne, auf möglichst schnell bewegter Schreibtrommel gedehnte Einzelergogramme zu erhalten, wie sie Specht (144) beschreibt, Lefmann (170) benutzt und abbildet. Die Abhandlung von Awramoff (174) wurde mir erst nach Abschluß der Versuche bekannt. Später nahm ich dann, durch eine Arbeit von Zaccaria Treves (155) angeregt, den Gedanken auf, auch die Veränderungen der Dauerkontraktionen zu untersuchen. Man muß sich darüber klar sein, daß die Aufgabe von den früheren völlig verschieden war. Es galt hier, die Muskelzuckungen in ihren einzelnen Bestandteilen zu untersuchen, so wie sie der Ergograph liefert, also ein vom Ergographen geschriebenes Myogramm, den Einzelteil jener oft abgebildeten Ermüdungskurve, bei sehr vermehrter Geschwindigkeit der Trommel aufgeschrieben[1]). Es dürfte analog dem Worte Myogramm besser sein, das Wort Ergogramm für die vom Ergographen geschriebene Einzelkontraktion vorzubehalten, nicht die ganze Ermüdungskurve damit zu bezeichnen. Auszudehnen wäre jedoch der Begriff Ergogramm auch noch auf alle anderen vom Ergographen aufzuzeichnenden Einzelzuckungen. Deren gibt es im ganzen drei einfache Formen:

1. Die Einzelziehung: die Erfüllung der Aufgabe, durch eine einmalige willkürliche Kontraktion das Gewicht so hoch als möglich zu heben und dann fallen zu lassen.

1) Mein Glaube, Spechts, Lefmanns und zuvor Awramoffs Arbeiten hätten das Ergogramm zuerst untersucht, stellte sich später als irrtümlich heraus; schon Binet und Vaschide (6) hatten 1898 Abbildungen gegeben (s. u.).

2. Die Zeitkontraktion: das Gewicht bleibt bis zu einem vorher zu bestimmenden Reiz eine Zeitlang gehoben.

3. Die Dauerkontraktion: das Gewicht soll solange als möglich in die Höhe gehalten werden.

Kompliziertere Formen ließen sich natürlich in größerer Menge ersinnen und würden etwa den Anschlagszuckungen der Physiologen entsprechen. Jedoch sind wir wohl noch nicht so weit, hier aus komplizierteren Vorgängen Rückschlüsse auf einfachere ziehen zu können und müssen vielmehr bestrebt sein, unsere Versuche so einfach als möglich zu gestalten. Die Kompliziertheit der hier in Betracht kommenden Vorgänge wird zumeist ohnedies außerordentlich unterschätzt; wir werden unten noch näher darauf eingehen.

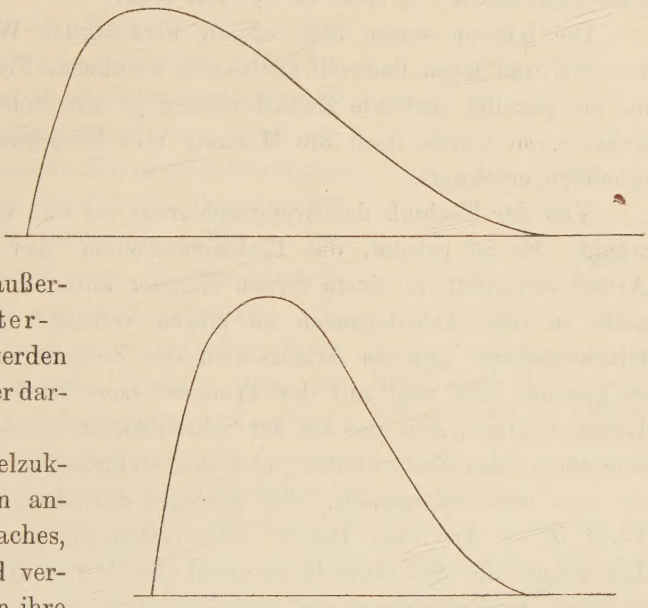

Fig. 1.

Zwei an verschiedenen Stellen (Nr. IV u. XXV der Reihe) stehende Einzelziehungen einer Ermüdungskurve (Bar. 1), nicht schematisch, ähnlich wie sie auch von Lefmann (170) abgebildet werden. (Von rechts nach links zu lesen.)

Die Einzelzukkung liefert ein anscheinend einfaches, klares Bild und verlockt entschieden, ihre Gesetzmäßigkeiten unter experimentell veränderten Bedingungen zu untersuchen.

Aber jede weitere Überlegung ergibt sofort die Schwierigkeiten, welche auftauchen:

1. die Kurven möglichst ohne Störung durch Fehlerquellen der Apparatanordnung,

2. der Versuchsanordnung zu gewinnen und

3. die erhaltenen Kurven in richtiger Weise zu untersuchen, zu messen.

Was den ersten Punkt anlangt, so liegen die Schwierigkeiten weniger am Ergographen (Beschreibung s. Nr. 170), dessen von Lefmann (170) und von mir verwendetes Modell bis auf Kleinigkeiten recht befriedigend erscheint, als am Kymographion. Bei der großen, hier erforderlichen Geschwindigkeit (eine Umdrehung = 4,7 bis 5,7 Sek.) war der Gang der Trommel so empfindlich, daß schon ein Fingerabdruck auf der Friktionsscheibe Differenzen der Geschwindigkeit von $^1/_5$ Sek. zu $^1/_5$ Sek. ergab.

Die Kurven waren also oft in wechselnder Weise ein wenig verzerrt, und wenn dadurch auch keine wirklichen Fehler entstanden, da die parallel laufende Zeitschreibung ja alle Schwankungen mitnotierte, so wurde doch die Messung und Berechnung der Kurven erheblich erschwert.

Von der Technik des Ergographierens sei nur weniges noch erwähnt. Es ist ratsam, das Elektrometronom, das das Signal zur Arbeit vermittelt, in einem fernen Zimmer unterzubringen, damit es nicht in den Arbeitspausen zu stören vermag. Ein elektrisches Glockenzeichen gibt im Arbeitsraum das Zeichen zur Ziehung, und zu gleicher Zeit wird auf der Trommel eine Marke erzeugt. Drei Linien zeichnen sich also auf der Schreibfläche, die des Ergographenschreibers, des Zeitschreibers und des elektrischen Signals; Linien, die man nahe beieinander, aber getrennt durchführen möge. (Siehe Figur 5.) — Auf dem Tische stehe nichts als der festgeschraubte Ergograph, der das Gewicht an möglichst kurzer Saite trage. Alle anderen Apparate seien auf einem zweiten, etwas höheren Tische angeordnet, dessen Platte sich über den ersten hinwegschiebe, ohne ihn zu berühren. So wird jede Übertragung der Erschütterung, die der Ergographentisch durch das tanzende Gewicht notwendig erfährt, auf die aufzeichnenden Apparate vermieden. Der erste Tisch sei schwer, und die Versuchspersonen seien angehalten, ihn nicht weiter zu berühren, als mit dem arbeitenden Arm, damit er nicht durch kräftige Mitbewegungen im Laufe der Arbeit getroffen werde. Fertig geknüpfte Saiten mögen bereit liegen, um bei dem nicht seltenen Zerreißen gleich zur Hand zu sein und die ohnehin unliebsame Pause möglichst zu verkürzen. Ein Polsterkasten fange das stürzende

Gewicht auf. Nur auf einen Punkt endlich möchte ich noch hinweisen: daß es von großer Wichtigkeit ist, die Schleuderungen des Gewichtes möglichst zu vermeiden; sie bilden nicht nur ein unliebsames Anhängsel der Kurve, sondern sie stören, besonders bei schneller Zukkungsfolge (jede Sekunde), die nachfolgende Kurve. Die Drahtsaite, an der das Gewicht hängt, befindet sich dann noch in Elastizitätsschwingungen, wenn die neue Zuckung schon einsetzt, und so bekommt das Gewicht einen Auftrieb oder Abtrieb, der die Leistung der folgenden Zuckung entweder überhöhen, oder herabsetzen kann.

Selbst wenn durch seltenere Folge oder sonstige Mittel die Schleuderungen nicht mehr die folgenden Kurven schädigen können, bleiben sie doch unangenehm, da sie auch die Höhe derselben, nicht nur der nachfolgenden Kurve beeinträchtigen können. Erfolgt nämlich die Beugung des Mittelfingers mit großer Intensität, so bekommt das Gewicht eine Geschwindigkeit, die es über die eigentliche Hubhöhe hinausfliegen läßt und so eine größere Höhe der Kurve vortäuscht. Ferner stört das Geklapper der geschleuderten und zurückfallenden Gewichte ungemein. Es ist also notwendig, die Tatsache der Schleuderung und ihre Erscheinungsform in der Kurve zu kennen, wenn sie vermieden oder doch wenigstens berücksichtigt werden soll. Hat man seine Aufmerksamkeit besonders den Schleuderungen zugewendet und die Form ihrer Kurve gut kennen gelernt, so wird es einem oft recht wahrscheinlich, daß gewisse Befunde in den bisher veröffentlichten Arbeiten, die der Deutung dort oft größere Schwierigkeiten bereiten, als Ergebnisse störender Schleuderungen anzusehen sind. Ein Beweis läßt sich hierfür nicht erbringen, da man die genauen Versuchsumstände früherer Arbeiten ja nicht wieder herstellen kann. Immerhin wird aus der Form der Kurve oft mit großer Wahrscheinlichkeit die Wirkung einer Schleuderung zu erschließen sein. Wenn z. B. auf S. 467 der Kraepelin-Hochschen Arbeit »eigentümliche unregelmäßige Zacken« erwähnt werden, »die bei Hoch sowohl im

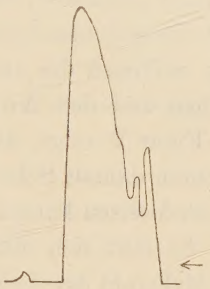

Fig. 2.

Beispiel: Herabsetzung der Höhe durch Schleuderung noch während des Anstiegs. (Gr. 40. 1. Nr. 6.) Von rechts nach links zu lesen.

Aufstieg wie im Abfalle der einzelnen Kurven den geradlinigen Verlauf der Hubzeichnungen unterbrachen«, so drängt sich der Gedanke auf, es könne sich hier um Schleuderungen handeln. Da beide Autoren das Phänomen nur bei den ausgiebigsten Bewegungen, am stärksten im absteigenden Schenkel konstatieren und finden, daß bei der Ermüdung die Zacken nur im Anstieg vorhanden bleiben, »während die Rücksicht auf das zurückschnellende Gewicht in den Hintergrund tritt«, so befestigt sich die Vermutung, es lägen hier Schleuderungen vor, um so mehr. Bei eintretender Ermüdung wird nämlich der Anstieg gedehnter, die Kontraktion erfolgt eben langsamer, dadurch fällt diese Schleuderung (die also erst im Abstieg zum Ausdruck käme) weg, während die andere durch das herabfallende Gewicht bestehen bleiben und den Anstieg der nächsten Kurve so stören kann, wie die Figur 2 zeigt (ähnlich auch a. a. O. S. 471). Kraepelin-Hoch machten damals Schwankungen in der Muskelinnervation, einen erneuten stoßweisen kurzen Antrieb usw. für die Phänomene verantwortlich.

Es läßt sich nicht beweisen, ist aber recht wahrscheinlich, daß die Mehrzahl der doppelgipfeligen Kurven, die mit dem Ergographen gewonnen wurden, Erzeugnisse der Apparatanordnung und nicht eigentlich der Versuchspersonen sind. Die Angaben über die Aufhängung der Gewichte und deren Verbindung mit dem Schreiber sind meist so spärlich, daß man nicht völlige Klarheit über die Verhältnisse gewinnen kann. Awramoff (174) besonders sagt in seiner für unser Thema wichtigen Arbeit so wenig über das Modell seines Ergographen und seiner Apparatanordnung, daß man die »Natürlichkeit« seiner Kurven schwer beurteilen kann. Es heißt bei ihm an einer Stelle, daß an dem Faden, an dem die Gewichte hängen, noch eine Schnur angebracht wurde, die die Fingerbewegung registrierte, und so wird es hieraus wahrscheinlich, daß die Schnur eben in erster Linie nicht die Fingerbewegungen, sondern die Gewichtsbewegungen durch den Schreiber aufzeichnete. Die doppelgipfeligen Kurven, die er häufig erhält und mit einer »Nachhebung« zu erklären versucht, können daher ebenfalls ein Erzeugnis von Schleuderungen sein. Ich lasse zwei seiner Abbildungen wegen der Ähnlichkeit mit unseren »Schleuderkurven« (s. Fig. 6) hier folgen.

Die zweite Fehlerquelle kann in der Versuchsanordnung liegen. Diese wird jedoch von der einzelnen Fragestellung stets in

hohem Maße abhängig sein, und es lassen sich nicht viel allgemeine Regeln geben. Wichtig ist jeder einzelne der mitwirkenden Faktoren, und es lassen sich frühere Arbeiten finden, die auf einem einzigen Befund als einem anscheinend stets wiederkehrenden ein allgemeines Gesetz aufbauen und nicht merken, daß es nur für diesen einen Fall gilt. Wichtig ist die Größe des gewählten Gewichtes, wichtig besonders der Rhythmus[1]). Ein Zweisekundenrhythmus dürfte für die Untersuchungen des Ergogramms am meisten empfehlenswert sein. Durch ihn ist auf der Schreibfläche jede Kurve von der anderen völlig abgegrenzt, ohne daß etwa (bei genügend großem Gewicht) die Pause eine völlige »Erholung« ermöglichte. Denn einerseits wird letzteres, die Ausschaltung völliger »Erholung« in den Ziehungspausen, wichtig sein, wenn man gerade die Ermüdungswirkung an der Kurve untersuchen will, und andererseits wird es des Interesses nicht ermangeln, mit kleinem Gewichte sogenannte endlose Kurven herstellen zu lassen und zu untersuchen, ob sich in ihnen das Bild der einzelnen Kurve stets völlig wiederholt, oder ob Veränderungen entstehen. Daß die groben Fehler durch eine möglichst geregelte Lebensweise der Versuchspersonen ausgeschaltet werden müssen, wurde in anderen Arbeiten oft genug schon betont.

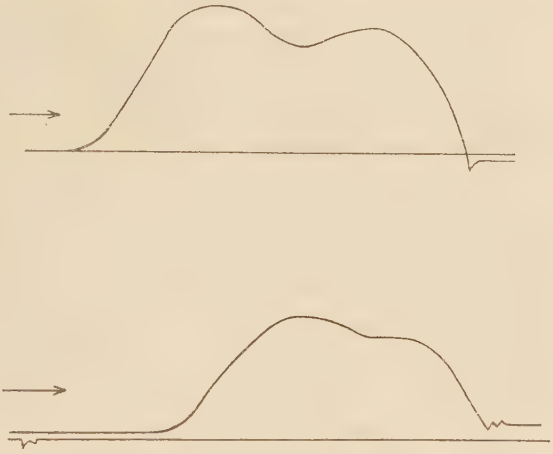

Fig. 3.

Abbildungen der Fig. 2 u. 3 aus Awramoff 174). (Von links nach rechts zu lesen.)

Drittens endlich müssen Fehler bei der Ausmessung vermieden werden. Da das Ausmessen eine beträchtliche Menge von Zeit erfordert, lohnt es sich nur an Kurven, die technisch durchaus

1) Vgl. dazu die Ausführungen Awramoffs (174).

unanfechtbar sind. Es empfiehlt sich, zurückgelegte Strecken mit dem Kurvimeter, umschriebene Flächen mit dem Planimeter, und die Ordinaten der Kurve mit dem Jaquetschen Kurvenanalysator zu messen. Gröbere Instrumente sind kaum brauchbar. Eine feinere Winkelbestimmung ist, wenn nötig, wohl am besten durch die Berechnung seiner tang. Funktion auszuführen. Die Flächenwerte werden nur dann eine direkte absolute Gültigkeit haben, wenn bei sämtlichen Kurven der Zeitschreiber einen völlig gleichmäßigen Trommelgang nachweist. Ist dies nicht der Fall, so ist es unbedingt nötig, den Flächenwert umzurechnen. In der vorliegenden Arbeit geschah dies durch Multiplikation mit einem Faktor x : 10, wobei x die Zahl der Sekunden war, die bei der betreffenden Kurve auf 10 cm entfiel (bei den Dauerkontraktionskurven)[1]).

Die Frage, wie man messen soll, führt zu der weiteren, was gemessen werden muß. Und diese wieder ist nur zu beantworten, wenn man von dem Werte der einzelnen Teile, aus denen sich die Kurve zusammensetzt, eine klare Vorstellung hat. Es ist heutzutage noch nicht möglich, diese Forderung zu erfüllen, denn wir sind noch nicht imstande, eine völlige Analyse der Muskelzuckung zu geben. Wir wissen noch nicht genug von den Vorgängen, deren Ausdruck die einzelnen Teile der Kurve sind.

Die Hauptaufgabe dieser Arbeit, die ursprünglich auf andere Ziele gerichtet war, soll es sein, eine Zusammenstellung unseres Wissens hierüber zu geben.

Bisher war die Frage, die bei ergographischen Untersuchungen gestellt wurde, einfach: es sollte unter bestimmten Umständen festgestellt werden, wie viele Hebungen eines gleichbleibenden Gewichtes der Mittelfinger zu leisten überhaupt imstande sei, und welche größte und durchschnittliche Höhe dabei erzielt werde. Die Ermüdungskurve (anders ausgedrückt) wurde also nur in bezug auf Zahl und Höhe der einzelnen Ziehungen untersucht. Etwas anderes wurde nicht berücksichtigt, und nur wenige Arbeiten, auf die unten näher eingegangen wird, beschäftigen sich mit mehr. Wir können der Frage, wie diese beiden Ausdrücke (Zahl und Höhe) und wie etwaige

1) In den bisherigen wenigen Arbeiten wurde von einer exakten Messung der Kurven abgesehen.

andere Funktionen der Kurve zu bewerten sind, nur dadurch näher treten, daß wir unser Ergogramm mit den bisher überhaupt schon gewonnenen Muskelkurven vergleichen. Gerade die Betrachtung des Einzelergogramms macht das nötig, und nur für gewisse beschränkte Zwecke, nur dann nämlich, wenn es sich lediglich um die in gewisser Hinsicht geleistete Arbeit handelt, würde es wie bisher angängig sein, die Aufmerksamkeit allein auf Hubzahl und Hubhöhe in der ganzen Ermüdungskurve zu richten.

Wir finden die Zuckungen eines einzelnen Muskels schon seit langer Zeit in der verschiedensten Art verzeichnet; wir müssen aber, ehe wir hierauf eingehen, die Frage aufwerfen, ob das Ergogramm überhaupt die Zuckung eines einzelnen Muskels darstellt oder einer Gruppe von Muskeln. Mosso (103, 104) schon hat angenommen, daß die Mm. interossei nicht ganz ausgeschlossen sind, und er verwandte einen Apparat, bei dem noch die Mitwirkung mancher anderen Muskelgruppe möglich war. Aber auch der jetzt vorliegenden Form des Ergographen ist es durchaus nicht gelungen, die Arbeit eines einzigen Muskels darzustellen. Darum könnte es sich überhaupt nur handeln, denn die Arbeit eines einzigen Muskels willkürlich hervorzurufen, ist so gut wie unmöglich. Dies ist ja einleuchtend und außerdem in den Arbeiten von Duchenne (26—28) noch eingehend nachgewiesen worden, muß aber immer wieder betont werden, da man nur zu leicht geneigt ist, in der Ermüdungskurve einen einfachen Ausdruck der Ermüdung überhaupt zu sehen, ohne an die zahlreichen Muskeln zu denken, in denen sich gleichzeitig Kontraktionen vollziehen oder zu vollziehen streben. Bei jeder Volarflexion der ersten Phalanx tritt im Handgelenk eine Dorsalflexion ein, die Extensoren und auch Flexoren der Handwurzel sind also an jener Kontraktion beteiligt. Macht man, wie es an unserem Ergographen geschieht, alle anderen Gelenke außer dem Grundgelenk des Mittelfingers unbeweglich, so bleiben deshalb jene sonst mitbewegten Muskeln natürlich nicht in Ruhe, sondern werden sogar isometrisch tetanisiert und erleiden dadurch noch lebhaftere Stoffumsatzprozesse. Wird aber ferner die Dorsalflexion der Hand durch die Fesseln des Ergographen verhindert, so zeigen sich der Flexor sublimis et profundus verkürzt, und die Beugung des Fingers wird sehr beeinträchtigt. Die synergische Wirkung der Streckmuskeln der

Hand ist für die Flexion der Finger absolut notwendig, und die Kraft ihrer Zusammenziehung ist der Kraft, mit der die Beugung geschieht, proportional. (Der Beweis findet sich bei Duchenne, wie einige der vorstehenden Bemerkungen auch fast wörtlich dorther entnommen sind.) Der Flexor profundus et sublimis beugt die beiden letzten Phalangen gegen die erste, seine Beugewirkung auf die erste Plalanx ist sehr schwach und sekundär. Die Mm. interossei, zum Teil mit Hilfe der Mm. lumbricales, sind die eigentlichen Beuger der ersten und Strecker der anderen Phalangen; dies klargestellt zu haben ist das Verdienst Duchennes (26—28); Robert Müller (110) hat von neuem darauf aufmerksam gemacht. Die geringe Wirkung der langen Flexoren kann auch dadurch noch mehr verringert werden, daß durch festes Anliegen der Mittelfingerhülse die Sehne am Gleiten verhindert wird (Robert Müller, 110). Es steht also fest:

Das Ergogramm ist der Ausdruck der Kontraktionen einer gewissen, nicht leicht bestimmbaren Muskelgruppe, einer Gruppe, die allein zu reizen unserem Zentralorgan nicht möglich ist. Vielmehr werden gleichzeitig verschiedene andere Gruppen unfreiwillig isometrisch mit kontrahiert. Das Ergogramm ist also nur der Ausdruck eines Ausschnittes, eines Bruchteiles der in der Tat geleisteten Arbeit. Es wäre erfreulich, wenn dieser Bruchteil als solcher immer gleich groß bliebe; dann könnten wir ja bequem in seinen Veränderungen auch die der gesamten geleisteten Arbeit verfolgen. Aber wir dürfen das nicht annehmen, denn wer beweist uns, daß im Verlauf der Arbeit die Zahl und Art der beschäftigten Muskeln stets die gleiche bleibt? Wer wird es vielmehr nicht für wahrscheinlich halten, daß bei fortgesetzter Arbeit und einsetzender Ermüdung sich neue Muskelgruppen beteiligen, die neue Stoffumsetzungen erfordern? Wir sehen das ja so häufig bei anderen Kontraktionen. Es sei nur an die Mitbewegungen der Gesichtsmuskulatur bei anstrengender Arbeit erinnert. —

Nur ein Bruchteil der geleisteten oder zu leistenden Arbeit wird aber durch das Ergogramm auch insofern dargestellt, als nach der letzten aufgezeichneten Hebung der Ermüdungskurve noch nicht völlige Arbeitsunfähigkeit, Erschöpfung eingetreten ist, sondern noch weitere Arbeit möglich ist. Hiervon wird bei der Erörterung der Bedeutung der Hubzahl noch die Rede sein. Von einer Gleichartig-

keit des Einzelergogramms mit dem sonstwie gewonnenen Myogramm kann also nicht die Rede sein. Trotzdem werden sich manche Gesetzmäßigkeiten, manche Befunde finden, welche bei beiden Kurven in eine gewisse Parallele gebracht werden können. Um diese noch vollständiger zu gestalten, wäre es wünschenswert (ebenso wie es vom Gesichtspunkte der Analyse Erfolg verspräche), das Ergogramm nicht durch die willkürliche, sondern auch durch elektrische Reizung hervorzubringen. Aber gerade hier ergibt die Tatsache der wechselnden Muskelbeteiligung die größten Schwierigkeiten, denn es wird dadurch technisch unmöglich sein, geeignete, einwandfreie Reizpunkte zu finden. Trotzdem wird es sich in Zukunft empfehlen, einige Versuchsreihen mit elektrischer Reizung herzustellen, weniger um direkte Vergleiche mit den willkürlichen Zuckungsreihen zu ziehen, als um festzustellen, ob die Versuchsreihen in sich anders ablaufen bei der einen wie bei der anderen Reizungsart. Mehr Erfolg für die Analyse des Ergogramms versprechen wohl willkürliche Zuckungsreihen unter der Wirkung verschiedener Gifte, deren Angriffspunkt im Körper bekannt ist.

Wesentlich ist ferner die Feststellung, welcher der verschiedenen Arten des Myogramms das Ergogramm unter den erwähnten Einschränkungen entspräche. Die Muskelbeteiligung ist verschieden, die Art der Reizung ist verschieden, aber auch die Bedingungen, unter denen die Kontraktion vor sich geht, sind ins Auge zu fassen.

Hat der vom Zentralorgan ausgesandte Reiz den Muskel erreicht, beginnt also der Kontraktionsakt, so beginnt das Ergogramm noch nicht (Schenk 136c). Die Muskeln beginnen sich zu spannen, aber das Gewicht und der Schreiber bleiben noch in Ruhe. Erst wenn die zur Hebung des Gewichtes nötige Spannung erreicht ist, beginnt die Verkürzung und damit die Kurve. Das Erreichen der nötigen Spannung erfolgt naturgemäß um so früher, je kleiner das Gewicht, um so später, je größer es ist. Also: bei kleinem Gewicht beginnt die Verkürzung und damit die Kurve früher als bei großem! Theoretisch muß also bei kleinem Gewicht auf der Abszissenachse der Abstand zwischen Signal und Anstieg kleiner sein als bei großem. Dies nachzuprüfen wäre eine dankbare Aufgabe, um so mehr, als die meines Wissens einzigen Versuche, die Awramoff (174) und Specht

(144) über diesen Punkt angestellt haben, sich widersprechen. Ersterer findet, daß die Reaktionszeiten bei 5 kg kürzer ausfallen als bei 3, während bei 7 kg keine wesentliche Änderung eintritt. Specht dagegen stellt bei seinen beiden Vp. fest, daß mit Gewichtszuwachs die Reaktionszeiten größer werden; bei der Einzelhebung von 3 kg wird z. B. um 100 σ schneller reagiert als bei der Hebung von 6 kg.

Das Ergogramm ist also der Ausdruck einer Überlastungskontraktion, keiner einfachen Zuckung.

Die Gelenkeinrichtungen des Mittelfingers vermögen aber den Kontraktionen in gewissen Fällen ebenso ein Ziel zu setzen, wie die Einrichtung des Ergographen, der Fingerbefestigung. Besonders wenn die Fingerhülse zu weit nach der Mittelhand zu befestigt ist, klemmt sie bei den Kontraktionen Hautfalten ein, die die Kontraktion vorzeitig beendigen. Aus einem zweiten Grunde liegt also dann (und nicht nur dann) keine einfache Zuckung, sondern eine Anschlagskontraktion vor [vgl. auch schon Kraepelin-Hoch (78) S. 473]. Wir haben also hier Versuchsbedingungen, die dem Anschlagsverfahren der Physiologie ziemlich entsprechen, und müssen zusammenfassend sagen, daß das Ergogramm oft die Niederschrift einer Kombination von Überlastungs- und Anschlagskontraktion ist (Schenk 136c). Wir machen auch hier die gewöhnliche Erfahrung, daß wir, je weiter wir eindringen, desto verwickeltere Verhältnisse vor uns sehen. »La question est donc fort complexe, remarque, qui est d'une extrême banalité pour tous ceux, qui ont une fois entrepris l'étude de quelque manifestation de la vie« (Imbert, 64, S. 2). Richten wir unser Augenmerk aber auf die Einzelkurven, wie sie uns etwa nach der 20. Ziehung einer aus 80—100 Hebungen bestehenden Ermüdungskurve vorliegen, so können wir immerhin mit Kurven rechnen, die das letztere komplizierende Moment, den Anschlag, sicher ausschalten.

Im übrigen entspricht natürlich die willkürliche Zuckung im Ergographen eher der isotonischen als der isometrischen Kurve. Letztere hat an sich den Vorteil; sie hat nicht die Fehler, die eben auseinandergesetzt wurden, und die, selbst wenn man sie kennt und in gewissem Sinne mit in Rechnung ziehen kann, nie ihren störenden Einfluß verlieren. Man muß sich dessen bei Deutung der ergographischen Ergebnisse stets bewußt bleiben. Zum

Vergleich willkürlicher mit unwillkürlichen Kontraktionen und von Zuckungen beim Menschen mit solchen bei Kaltblütlern ist die Versuchsanordnung Ficks (36) (vgl. auch Schenk 136c) (isometrische Zuckung des M. abductor indicis durch willkürlichen und elektrischen Reiz) bei weitem geeigneter.

Ein Punkt bedarf noch ganz kurz der Erörterung, der für anzustellende Parallelreihen mit willkürlicher und elektrischer Reizung wichtig ist. Man nimmt seit Helmholtz und Eduard Weber an, daß der von unserem Zentralorgan ausgehende Reiz kein einfacher, einmaliger ist, sondern einen gewissen Rhythmus besitzt. Ohne daß wir auf alle die Theorien, besonders die der natürlichen Reizfrequenz, hier eingehen, ist doch das eine hervorzuheben, daß unsere willkürliche Muskelkontraktion, mag sie noch so kurz, mag sie noch so schnell vorüber sein, kaum durch einen Einzelreiz hervorgerufen sein kann. Selbst wenn theoretisch gegen die Möglichkeit nichts einzuwenden wäre, daß ein einzelner Reiz vom Zentralorgan ausgesendet werden könne, so werden wir doch unsere gewöhnlichen Muskelbewegungen als tetanische ansehen müssen. Eine Parallelstellung von willkürlichen und elektrischen Zuckungsreihen würde eine genaue Erörterung der augenblicklichen Theorien der Reizfrequenz und eine genaue Überlegung zur Voraussetzung haben müssen, welche Stärke und Frequenz der elektrischen Reize im speziellen Falle anzuwenden sei. (Vgl. auch Kraepelin-Hoch S. 475.) Auch von diesem Gesichtspunkte aus können wir die willkürliche Muskelzuckung nicht als gleichartig zur einzelnen elektrischen, sondern eher zur tetanischen Kontraktion betrachten. Indessen es hieße weniger vom Thema abschweifen, als es vielmehr bis in alle noch so fernen Richtungen verfolgen, wenn wir auch diese Fragen hier würdigen wollten.

Fassen wir noch einmal zusammen:

Die ergographische Einzelziehung unterscheidet sich von der gewöhnlichen isotonischen Muskelzuckung im wesentlichen in drei Punkten:

1. Sie ist nicht die Zuckung eines Muskels, sondern einer Gruppe, die kaum immer die gleiche Zusammensetzung hat.

2. Sie ist willkürlich und kann nicht in völlig entsprechender Weise elektrisch, am ehesten aber tetanisch, hervorgerufen werden.

3. Sie ist immer eine Überlastungs-, oft eine Anschlagszuckung.

Tritt man an die Aufgabe heran, die Bedeutung der einzelnen Teile, aus denen sich das Einzelergogramm zusammensetzt, zu untersuchen, die Vorgänge zu ergründen, deren Ausdruck die einzelnen Kurventeile sind, so ist es selbstverständlich, daß man sich trotz der eben erörterten Unterschiede dort Rat holt, wo die Verhältnisse einfacher liegen, bei der einfachen isotonischen Zuckung des Froschmuskels. Man muß feststellen, freilich ohne alle die Theorien des Muskelzuckungsablaufes zu erörtern, was die Physiologie von ihm bisher klargelegt hat. Es ist in Kürze folgendes:

Nach der Reizung (*R*) zeichnet sich erst das sogenannte Latenzstadium auf der Abszissenachse ab (*RA*). Dann steigt die Verkürzung mit zuerst zunehmender, dann abnehmender Geschwindigkeit (die Kurve mit zunehmender, dann abnehmender Steilheit) bis zum Maximum *B*, und nun wird der Muskel zuerst schnell, dann lang-

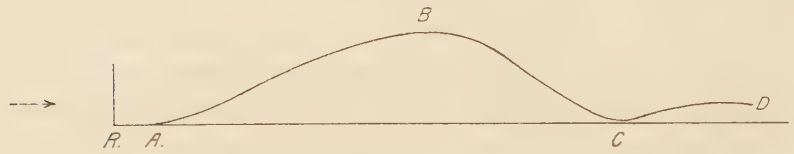

Fig. 4.

Entnommen aus Hermanns Lehrbuch der Physiologie. 1900, XII. Aufl. S. 270.

samer bis auf die frühere Länge (*C*) gedehnt (Helmholtz): eine Trägheitsschwingung des Hebels schließt sich an, und schließlich bleibt wegen des hier zu leichten Gewichtes ein Verkürzungsrückstand (*D*). Die Dauer des Latenzstadiums ist verschieden; bei gleichen Muskeln wird sie durch stärkeren Reiz und schwächere Belastung verkürzt (Lautenbach, Mendelssohn u. a.), soweit diese Einwirkungen die Zuckungen verstärken (Tigerstädt). Daß bei indirekter Reizung die Latenzzeit etwas länger ist, als sie sich aus Latenzzeit bei direkter Reizung und der Nervenleitungszeit berechnet, läßt wohl auf Vorgänge im Nervenendorgan schließen (Bernstein, bestätigt von Boruttau, bestritten von Hoisholt). Bei der elektrischen Reizung ist die Latenzzeit hauptsächlich abhängig von der Art (ob Schließungs- oder Öffnungsschläge usw.) und Stärke. Die Spannung des Muskels hat keinen Einfluß auf die Latenzzeit.

Es handelt sich hier nicht darum, die Theorien der Latenzdauer zu erörtern; wir haben zu prüfen, ob der Grundlinienteil, der zwischen dem Signal der Glocke (und des Deprezschreibers) *A*, welches die Bewegung auslöst, und dem Beginne des Einzelergogrammes *B* liegt, dem Stadium der latenten Reizung entspricht.

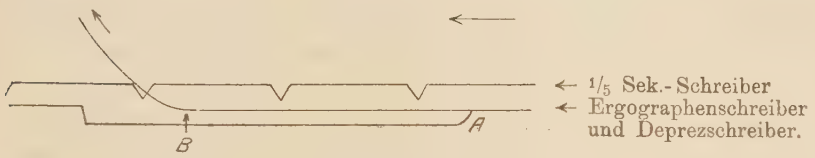

Fig. 5.

Anfang einer Kurve. Von rechts nach links zu lesen.

Das ist natürlich nicht der Fall. Denn es ist ohne weiteres klar, daß die Strecke *A*—*B* die Niederschrift der ganzen Reaktionszeit ist, der Zeit, die erforderlich ist für die verschiedenen Vorgänge von der Erfassung des akustischen Reizes (Klingelzeichen bei *A*) bis zum Beginn der Muskelkontraktion. Von ihr ist die Latenzdauer nur ein Teil, und zwar ein kleiner.

Es ist ferner zu erwägen, daß wir keine isotonische Zuckung vor uns haben, sondern eine Überlastungszuckung; der Muskel wird also, wenn wir von der alten Theorie des Muskels als eines Gummibandes ausgehen, erst eine gewisse Spannung erreichen müssen, um das Gewicht heben und damit die Kurve beginnen zu können. Auch die hierfür nötige Zeit muß in der Reaktionszeit einbegriffen sein. Man muß sich daher hüten, ohne weiteres die Reaktionszeiten zweier mit verschiedenem Gewicht gewonnener Kurven vergleichen zu wollen (Schenk 136c).

Die verschiedenen Vorgänge, die alle zusammen ihren Ausdruck auf der Strecke *A*—*B* finden, einzeln gegeneinander abzugrenzen, erscheint unmöglich: aus manchen Gründen und besonders deshalb, weil, wie oben gezeigt, elektrische Kontrollversuche nicht schlechthin angängig sind. Wir können zwar die Länge der Reaktionszeit unter den verschiedenen Bedingungen des Versuchs messen, müssen uns aber darüber klar bleiben, daß eine Zerlegung dieser Strecke in ihre Bestandteile nicht möglich ist, und ihre Veränderung in irgendeinem

Sinne nicht auf Rechnung der einzelnen, in Frage kommenden Summanden gesetzt werden kann.

Daß auch hier die Apparatanordnung eine peinlich genaue sein muß, ist selbstverständlich. Insonderheit müssen, wenn absolute (nicht nur vergleichende) Messungen der Reaktionszeit vorgenommen werden sollen, der Signalschreiber und Ergographenschreiber ihren Ausschlag entweder in derselben Ordinate schreiben (d. h. senkrecht übereinander stehen), oder ihr horizontaler Abstand muß jedesmal in Rechnung gesetzt werden.

Der zweite Punkt, auf den wir bei der Kurvenanalyse zu achten haben, ist der Winkel, unter dem sich der aufsteigende Schenkel (Rollets Kreszente) von der Grundlinie entfernt — anders ausgedrückt: die Steilheit des Anstiegs. Sie ist, da sie nicht für den ganzen Anstieg gleich bleibt — die Kreszente ist keine Gerade — in einigen bestimmten Punkten des Anstiegs zu messen. Am zweckmäßigsten und einfachsten wird es sein, als Ausdruck der Steilheit der Anstiegslinie ihre Ordinaten in bestimmten gleichbleibenden Abständen von ihrem Beginn zu messen, etwa nach $^1/_2$, $^1/_1$, $^3/_2$ Zeiteinheiten.

Diese drei Ordinaten werden zusammen mit der Anstiegsbreite (der Abszisse der Kreszente) ein genügend anschauliches Bild von der Steilheit des Anstiegs geben, also von der Intensität, mit der die Zusammenziehung des Muskels erfolgt. Je energischer die Kontraktion stattfand, um so steiler wird naturgemäß der Anstieg sein. Er wird bei einem Plateau sein Ende in dem ersten Punkte dieses Plateaus, sonst im Gipfel der Kurve finden. Awramoff (174), Lefmann (170) und Specht (144) sind wohl als die ersten in ihren Arbeiten auf die Anstiegsbreite eingegangen. Letzterer fand eine Zunahme bei vergrößertem Intervall nur bei einer Vp.: bei vermehrtem Gewichte zeigten beide Vp. wachsende Anstiegsbreite. Indessen schon die geringe Zahl der Personen machen die Ergebnisse etwas unsicher, und auch die Exaktheit der Messungen wurde nicht immer völlig sichergestellt. Lefmann ging ebenfalls auf die Anstiegsbreite ein und hat sie unter verschiedenen Versuchsbedingungen untersucht, gemessen und auch einige Schlüsse aus seinen Ergebnissen gezogen. Aber leider gibt er über seine Methode nur ungenaue Auskunft und teilt die Maße seiner Abszissen in mm, nicht, wie es für vergleichende

Untersuchungen notwendig erscheint, in Zeiteinheiten mit. Awramoff endlich fand, daß bei zunehmendem Gewicht der Anstiegswinkel immer spitzer wird; er stellte beträchtliche individuelle Verschiedenheiten in der Steilheit des Anstieges fest und kam zu der Überzeugung, daß die männlichen Vp. einen sehr großen (angeblich sogar oft »zu großen«) Anfangsimpuls und damit einen sehr steilen Aufstieg hätten, die weiblichen (nur 2 Vp.) dagegen nur ein mattes und langsames Anheben des Gewichtes zeigten. (S. 549: »Der weibliche Impuls ist dagegen eben ausreichend«!)

Der Umfang der Verkürzung des Muskels ist in der Höhe der Kurve, der Gipfelordinate ausgedrückt. Schon oben wurde nun von der Möglichkeit der Anschlagszuckung gesprochen. Dies allein und noch manche andere Bedenken verbieten es, die Höhe der Kurve als Ausdruck der im Augenblick überhaupt möglichen Arbeit anzusehen. Die Höhe kann nur als Ausdruck der in einer bestimmten Hinsicht geleisteten Arbeit gelten, jedoch weder als Zeichen der überhaupt in dieser Einzelziehung geleisteten Arbeit, noch als Symbol der in ihr zu leistenden Arbeit. War die Kurve nämlich eine Anschlagszuckung, so hätte unter günstigeren Bedingungen mehr geleistet werden können, und war sie es auch nicht, so muß doch erwogen werden, wie lange denn überhaupt das Gewicht von seinem Ausgangspunkte entfernt war; bis zu welchen Höhen es auch außer der Maximalhöhe kam, kurz, welche Fläche der Ergographenschreiber umschrieb. Allein die Bestimmung der Fläche scheint mir ein gültiges Maß für die wirklich geleistete (nicht für die mögliche) Arbeit abgeben zu können (Amslers Planimeter). Das Bedenken, daß der Abstieg durch einen unwillkürlichen oder doch unbeabsichtigten Widerstand im Muskel gegen das plötzlich fallende Gewicht gedehnt werden könne, erscheint mir nicht von Belang, denn erstens wird dieser Widerstand unter sonst gleichen Verhältnissen bei einiger Einübung stets derselbe bleiben, und zweitens muß doch eben auch er mit in Rechnung gesetzt werden, wenn man über die geleistete Arbeit einen Überblick bekommen will[1]). Wichtiger wäre

1) Überdies hat Specht nachgewiesen, daß seine Vp. einen Abstieg zeigte, der der einfachen Fallkurve fast völlig entsprach. Damit ist die Möglichkeit eines ungehemmten Fallens des Gewichtes bewiesen.

die Erwägung, ob der Apparat ein sofortiges Fallen des Gewichtes erlaubt. Dies ist bei Ausschaltung des Arbeitssammlers der Fall. Ein anderer Umstand jedoch läßt sich nicht vermeiden. Bei starker plötzlicher Kontraktion wird stets eine Schleuderung eintreten; die Höhe wird also keine Hubhöhe, sondern eine Wurfhöhe sein. Das ist eine Fälschung der Arbeitsresultate, die gerade dann von besonderer Wichtigkeit ist, wenn nur die Höhe als Index der geleisteten Arbeit, nicht der Flächenwert berechnet wird. Dieser Fehler, der also die Höhen nur mehren kann, läßt sich vorläufig nicht ausschalten. Ihm ist auch eine andere Erscheinung zuzuschreiben, die bei den ersten Versuchen Verwunderung erregt. Zuerst erscheint bei der Einzelziehung häufig eine Kurve, wie sie Fig. 6 wiedergibt.

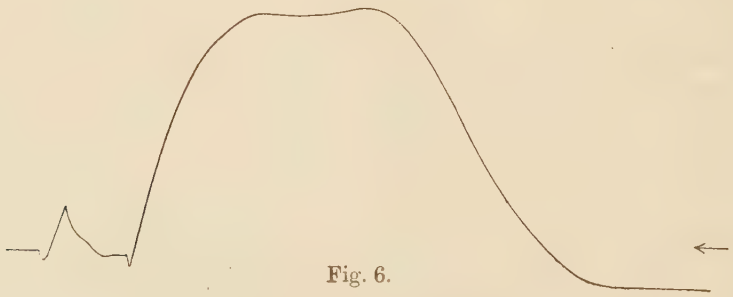

Fig. 6.

(Gr. 78 vom 17. 2. 05, Nr. 3.)

Sie beruht auf der fast bei jeder Versuchsperson im Anfang zu beobachtenden Unfähigkeit, das Gewicht sofort wieder fallen zu lassen. Die gewünschte Einzelziehung fällt also im Anfange stets als kurze Dauerkontraktion aus. Es ist natürlich, daß bei vorhandener Schleuderung das Plateau im Beginne überhöht, also zweigipfelig werden muß, ja durch das Zurückfallen des Gewichtes kann sogar der noch maximal gebeugte Finger ein Stück zurückgerissen werden, so daß in dem Plateau eine wirkliche Vertiefung entsteht. (Awramoffs »Welle«.) (Siehe Figur 3.)

Bei fortgesetzter Übung gelingt es den Vp. immer mehr, ihre Zuckungen möglichst kurz zu gestalten, ihr Bild also dem der Einzelziehung nahe zu bringen. Dabei wurde es natürlich durchaus vermieden, die Arbeitenden etwa in eine Hast hineinzutreiben;

nur wurden sie angewiesen, ihre Aufmerksamkeit allein auf die Hebung zu richten und dann das Gewicht einfach fallen zu lassen. Durch Ausschluß des Arbeitssammlers hing ohnehin das ganze Gewicht an dem Finger und riß ihn also gleichsam in die Ruhelage zurück.

Will man die Schleuderungen möglichst berücksichtigen, so denke man daran, daß bei sehr steilem Anstieg eine solche Überhöhung wahrscheinlicher ist, als bei flachem. Am besten läßt sich die Schleuderung bei den später zu besprechenden Dauerkontraktionskurven erkennen und berechnen.

Vergleicht man die Höhen der einander folgenden Einzelkurven, eine Aufgabe, der man schon öfter näher getreten ist, so ergeben sich drei Erscheinungen, die der besonderen Beachtung wert sind:

Erstens nehmen die Höhen im Laufe einer Kurvenreihe im allgemeinen ab; wie diese Abnahme erfolgt, bedarf der Erörterung; zuvor aber mögen noch zwei andere Momente Erwähnung finden:

zweitens zeigen die ersten Kurven einer jeden Reihe meistens (nicht immer) eine fortschreitende Zunahme der Höhe (Treppe) und

drittens finden sich in einer Reihe (seltener) »einleitende Zuckungen«, deren Höhe abnimmt; dann plötzlich steigen die folgenden Ziehungen noch einmal an, ehe sie weiter abfallen (sekundäres Ansteigen).

Die Treppe, wie man die Zunahme der Höhe der ersten Zuckungen einer Reihe bezeichnet, ist von verschiedenen Beobachtern festgestellt worden, und eine ganze Lehre hat sich hierüber gebildet. Bowditch (9) beobachtete sie zuerst am Herzmuskel des Frosches; dann wurde sie von Tiegel (150), Minot, Robert Müller (111, 112), von Richet am Krebsmuskel, von Romanes bei den Hydromedusen, Roßbach (127) gefunden; und von Buckmaster (15), Jensen (171), Rollet (123—124) auch an den willkürlichen Muskeln bei direkter und indirekter Reizung nachgewiesen und durch die verschiedenartigsten Theorien zu erklären versucht. Als Versuchsobjekte dienten Frosch, Kaninchen, Katze, Hund und Mensch (78, 79,

Fig. 1, 7, 9, 11, 12 usw., 124, 168, 171). Die Theorien greifen weit in das hier nicht zu erörternde Gebiet der Stoffwechselvorgänge des Muskels während der Kontraktion ein. So nimmt Paul Jensen, um nur ein Beispiel zu bringen, an, daß die Höhe der Kreszente (also der Kurve) abhängig sei von der Menge der verfügbaren dissimilierbaren Substanz. Dafür sei der Versuch mit behinderter O-Zufuhr eine Stütze, bei dem die Kurvenhöhen abnehmen. Die Treppe erkläre sich daraus, daß bei »jeweils gleichgroßer Verminderung der Assimilierung und Dissimilierung die ordinatenerhöhende Wirkung der ersteren rascher anwachse, als die ordinatenvermindernde Wirkung der letzteren; wären die beiden Wirkungen einander einfach proportional, so käme keine Treppe zustande« (S. 81—82). Wichtig ist jedenfalls, daß die Treppe bei Kaltblüter- und Warmblütermuskeln, bei willkürlicher (Kraepelin-Hoch Fig. 1, 2, 4, 6, 7, 8, Binet-Vaschide [6] Fig. 58, 65 usw. und elektrischer Reizung beobachtet worden ist. Sie mag nun auf irgendeine Weise erklärt werden, jedenfalls werden wir sie nicht als Eigentümlichkeit der willkürlichen Erregung menschlicher Muskeln ansehen können; wir werden daher auch nicht geneigt sein, sie aus Bedingungen oder Tatsachen heraus zu erklären, die allein bei den Muskeln der Warmblüter oder gar des Menschen vorhanden sind. Auffällig ist, daß die Treppe nicht ausnahmslos beobachtet wird; sie fehlt vielmehr in manchen Fällen, in denen die Höhen der Einzelziehungen von vornherein abnehmen. (Siehe Fig. 5, 8, 20 in 79.) Ja in manchen Zuckungsreihen finden sich die sogenannten »einleitenden Zukkungen«, die eine Abnahme der Höhen zeigen und dann erst von einem plötzlichen Anstieg gefolgt sind. Buckmaster (15) beobachtete dies Phänomen zuerst; Jensen (171) fand es wieder und machte von neuem darauf aufmerksam, und in der Zwischenzeit hatte wohl nur v. Frey (42, 43) von ihnen gesprochen, und eine der von Rollet (123, 124) veröffentlichten Zuckungsreihen hatte es angedeutet (Jensen). Erst dann pflegte sich eine Treppe anzuschließen (sekundäres Ansteigen), die bei den Froschversuchen Jensens (171) erst nach etwa 100 Zuckungen zur größten Höhe führte. Eine Deutung der »einleitenden Zuckungen« Buckmasters habe ich nicht ausfindig machen können, wage auch selbst keinen Versuch. Robert Müller (111, 112) hat im Jahre 1901 begonnene Untersuchungen dieser Ver-

hältnisse fortgeführt und 1905 eine neue Arbeit darüber erscheinen lassen. Er fand in umfangreichen und sorgfältigen Experimenten am Frosch, daß es auf den Verlauf der Ermüdungsreihen von großem Einfluß ist, in welcher Weise die Reizungen mit Pausen abwechseln. Eine gewöhnliche Zuckungsreihe zeigte die Treppe, das Maximum und dann den »annähernd geradlinigen Abfall«. Nach Unterbrechungen zeigte sich eine erneute, doch kürzere Treppe, und dies Verhalten blieb bis zur 300. Zuckung etwa konstant. Dann folgte ein zweites Stadium bis etwa zur 750. Zuckung, in dem nach längeren Pausen kurze Treppe, nach kürzeren »einleitende Zuckungen« beobachtet wurden. Ihnen ging zuweilen eine kurze Treppe voraus, folgte stets ein sekundäres Ansteigen. Im nun folgenden dritten Stadium zeigte sich bis zur 2500. Reizung auch nach längeren Pausen keine Treppe mehr, sondern die einleitenden Zuckungen eröffneten jede Serie. Endlich zeigte sich ein Stadium der terminalen Ermüdung, in dem (bei niedrigen Höhen) nach allen Pausen eine lange Treppe, aber dann kein sekundäres Ansteigen beobachtet werden konnte. (Vgl. dazu auch Kraepelins Beobachtung 79, S. 675.) Das im zweiten und dritten Stadium bemerkte sekundäre Ansteigen war am klarsten beim Einsekundenrhythmus, aber immerhin ebenso beim Neunsekundenrhythmus wie beim unvollkommenen Tetanus zu beobachten. Die gleichen Erscheinungen treten beim direkten wie indirekten Reiz und auch bei der Reizung des kuraresierten Muskels auf, beim durchbluteten wie isolierten Muskel.

Auf Vorgänge in der Muskelsubstanz glaubt Robert Müller diese Erscheinungen zurückführen zu müssen; im übrigen lehnt er aber eine Deutung der Phänomene ab (S. 359). »Das Verhalten, welches der Muskel bietet, ist so vielseitig, die Veränderung seiner physikalischen Eigenschaften, die Verknüpfung der thermo-dynamischen und mechanischen Vorgänge so verwickelt, daß es voreilig wäre, aus den hier allein behandelten, in der aufgezeichneten Kurve der Betrachtung allein zugänglichen mechanischen Verhältnissen der Zuckungen einen Rückschluß auf die Vorgänge im Muskel überhaupt zu machen.«

Es erschien wichtig, hierauf so genau einzugehen, um zu zeigen, welche große Vorsicht der Physiologe bei der Deutung der Erschei-

nungen am Nervmuskelpräparat walten läßt. Weit größere ist für uns am Platze, da wir nicht nur die viel kompliziertere willkürliche Innervation, sondern auch viel verwickeltere mechanische Verhältnisse in Betracht ziehen müssen.

Das Verhalten der Höhen nach der Treppe ist in der Ermüdungskurve sowohl des isolierten Muskels wie im Ergogramm sehr verschieden und wird von den einzelnen Forschern in recht wechselnder Weise angegeben, ohne daß im einzelnen Falle ein Zusammenhang der jeweiligen Versuchsbedingungen mit dem betreffenden Verhalten aufzufinden ist. Bei Jensens Froschversuch halten sich die Kurven lange (etwa 100 Zuckungen) auf der Höhe der Treppe (Plateau); dann fallen sie in einer erst zur Abszisse konkaven, dann konvexen Linie ab. Kronecker (84 u. 85) und Tiegel (150) geben an: der Abfall vollziehe sich beim Frosch in gerader Linie; Bowditch (9) (wir folgen hier zum Teil den Ausführungen Jensens) sah bald geradlinige, bald konvexe Höhenlinien des Herzmuskels. Engelmann (30) fand die konkav konvexe Linie, und Jensen und Hermann meinten, daß die Geradlinigkeit des Abfalls nur scheinbar und durch die Länge der Kurve vorgetäuscht sei. Rollet (123—124) unterschied beim Frosch den »Abfall von der Treppe« von der »weiteren Ermüdung«.

Roßbach und Harteneck (128) sahen beim durchbluteten Warmblütermuskel stets konvexe, beim blutleeren geradlinige Höhenabfälle. Rollet (123, 124) fand an Zuckungsreihen des Abductor digiti V. des Menschen im allgemeinen eine beständig abfallende Höhenlinie; doch war diese in einigen Fällen (so in 2, 5, 12) auffallend unregelmäßig.

Bei den Ermüdungskurven Mossos und Maggioras (103, 104, 105, 98, 99, 100) gab es konvexe, konkave, gerade Höhenlinien, bei Zoth und Pregl (120, 128) flache Konkavitäten und wellenförmige Schwankungen. Lombard (92, 93, 94) konstatierte an seinen ergographischen Ermüdungskurven wellenförmige Schwankungen, Pregl (120) nach oben konkave Linien. Novi (114) fand eigentümliche Schwankungen, die zum Teil wohl Ergebnis seiner arhythmischen Reizung waren; bei Carvallo und Weiß (19) ließ sich überhaupt keine Gesetzmäßigkeit entdecken. Kraepelin hatte in

seiner Arbeit mit Oseretzkowsky auch sehr verschiedenartige Befunde (79).

In gerader Linie sah Joteyko (67—73) die Höhen abnehmen; sie lieferte mit ihren Schülern zahlreiche Untersuchungen, die in den mannigfaltigen Befunden mathematische Gesetzmäßigkeiten aufzudecken sich bemühten.

Bei allen diesen Versuchen wurde das Gewicht und der Rhythmus während der Ziehungen beibehalten (letzterer war meist ziemlich rasch), und doch war die Linie der Höhen eine so verschiedenartige; um so größer wurden die Verschiedenheiten unter geänderten Bedingungen. Nicht nur daß die absolute Höhe der Hebungen zu den verschiedenen Tageszeiten (Kraepelin-Hoch 78, auch 16, 117, Storey 175), bei Aufnahme von Nahrungsmitteln (Mosso, Maggiora, Lombard, Koch, auch 48, 106, 146) und Giften (78, 44, 40, 41, 129, 130, 2) und selbst indifferenten Stoffen (Koch 77) und unter anderen veränderten Bedingungen (6, 174, 118, 144) schwankte; auch die Höhenlinien nahmen wechselnde Gestalt an. Für uns noch wichtiger ist es, daß besonders eine Änderung des **Rhythmus** und des Gewichtes andere Ergebnisse schuf. Alle diese Wechselbeziehungen, die hier zwischen Versuchsbedingungen und Höhenlinien aufgedeckt wurden, bedürfen durchweg der näheren Untersuchung, und es ist ein Verdienst Zaccaria Treves (152—156), eindringlich darauf hingewiesen zu haben.

Von den bisherigen Ergebnissen erschien mir folgendes wichtig. Rollet (123, 124) fand bei seinen Zuckungsreihen des blutdurchströmten Froschgastrocnemius, daß sich durch eine Pause der Muskel zu einer Zuckung erhole, die entweder gleiche Höhe habe mit der ersten der vorausgegangenen Ermüdungskurve, höher oder niedriger sei. Am häufigsten war sie niedriger, und stets spielte hier die Art der vorausgegangenen Arbeit und der Erholung eine so wichtige, aber wechselnde Rolle, daß bestimmte Gesetze nicht aufgefunden werden konnten. Der Rhythmus zeigte sich insofern einflußreich, als bei langsamer Folge der Zuckungen die Höhen nicht abnahmen, und selbst wenn beim Froschmuskel Zuckungsreihen von je 50 durch größere Pausen (mehr als 3 Minuten) unterbrochen waren, zeigten sich noch keine auffallenden Änderungen. Es ist dies ja selbstverständlich: bei genügend großen Pausen findet beim Frosch wie beim

Menschen eine derartige Wiederherstellung der vor der einzelnen Kontraktion vorhandenen mechanischen Verhältnisse statt, daß eine Ziehung eben der folgenden in Entstehung und Ergebnis gleicht. Denkt man sich die Pausen nun immer mehr und mehr verringert, so ist es einleuchtend, daß die Höhenlinien sich ändern. Zu untersuchen wäre, ob diese Änderung der Abnahme der Pausen proportional fortschreitet. Höhenlinien von Ermüdungskurven, die mit verschiedenem Rhythmus gewonnen wurden, sind also nicht ohne weiteres zu vergleichen. Awramoff fand, daß mit der Beschleunigung des Tempos eine Erniedrigung der Kurven einhergehe, jedoch nicht bei allen Vp. im gleichen Maße. Specht konnte keine regelmäßige Veränderung der Höhen bei Zunahme des Intervalls beobachten.

Wohl noch wichtiger ist die Änderung des verwendeten Gewichtes. Es wurde mehrmals nachgewiesen (dieselben Forscher), und ist ja leicht verständlich, daß mit der Zunahme des Gewichtes eine Abnahme der Höhen Schritt hält. Ferner wurde schon oben erwähnt, daß mit der letzten Ziehung der Ermüdungskurve die mögliche Arbeitsleistung noch keineswegs beendet ist. Ist der Muskel nicht mehr imstande, dies Gewicht noch einmal von seinem Unterstützungspunkte zu entfernen, so vermag er doch in den allermeisten, wenn nicht allen Fällen ein anderes, entsprechend kleineres, noch zu heben (Binet und Vaschide, 6 usw.). Ja unter geeignetem Wechsel der Gewichte ist eine Ermüdungskurve denkbar, die nach wenigen Hebungen eines schweren Gewichtes ihr Ende findet und nun pausenlos ein sehr viel kleineres Gewicht zu Höhen erheben kann, die vielleicht das Maximum der ersten Ziehungshälfte noch übertreffen. Auf diesem Gebiete hat besonders Treves eingehende Studien angestellt. Er führt, für gewisse Zwecke vielleicht ganz glücklich, den Begriff des Maximalgewichtes ein und definiert es als dasjenige Gewicht, mit dem man jemals die größte äußere Arbeitsleistung erreicht. Als Endmaximalgewicht gilt dann jener letzte, kleinste Wert, auf den das Maximalgewicht im Laufe der Zeit herabsinkt. Eine fortgesetzte Minderung der Last in bestimmten Intervallen ist also hier Voraussetzung, und nicht immer wird sich eine solche als günstig, ja vielleicht sogar nicht immer als möglich erweisen. Treves' drei Hauptsätze mögen hier folgen:

1. Bei der freiwilligen Muskelarbeit kann als maximal das größte Gewicht betrachtet werden, das man heben kann.

2. Der Wert des Maximalgewichtes sinkt beim Fortschreiten der Arbeit auf ein noch hohes Niveau herab, das man praktisch als konstant betrachten kann.

3. Die Höhe der aufeinander folgenden Kontraktionen bleibt konstant, wenn stets das Maximalgewicht verwendet wird. —

Läßt man einen Muskel also von vornherein mit seinem Endmaximalgewicht arbeiten, also mit dem Gewicht der konstanten Phase, so wird die Höhenlinie zwar eine horizontale, keine abfallende sein: im Beginne wird jedoch eine große Menge möglicher Arbeit nicht geleistet werden. Und benutzt man nur das Anfangsmaximalgewicht, so wird die Ermüdungskurve bald ihr Ende erreicht haben, während doch der Muskel in der Tat mit niedrigem Gewichte noch eine lange, ja praktisch unendliche Ermüdungskurve ausführen könnte. Die bisherigen Ermüdungskurven hielten zwischen beiden Extremen die nicht sehr glückliche Mitte. Sie verzeichneten im Beginn eine Arbeit, die keine Maximalarbeit war, und fanden wegen zu hohen Gewichtes am Schlusse ein vorzeitiges Ende. Treves sagt (155, S. 170): »Vielleicht muß man einen scharfen Unterschied machen zwischen der Erschöpfung der Kraft, die im Muskel angehäuft ist, und dem komplizierten phänomenologischen Bilde der Ermüdung; jene findet unter gewissen Umständen in ziemlich kurzer Anfangszeit statt, und zwischen ihr und der Ermüdung verläuft eine lange Periode, während deren der Muskel mit dem ihm von einer konstant scheinenden Quelle gelieferten Materiale (dem Blute) arbeiten kann.« Auch hier würde uns ein weiteres Verfolgen der vorliegenden Theorien in die Fragen des Muskelstoffwechsels und damit in das Gebiet der gesamten Muskelphysiologie führen. Treves' Versuchsanordnung mit wechselnden Gewichten wird jedoch wohl in geeigneten Modifikationen eine Zukunft haben, wenn es gilt, die einzelnen an der Muskelkontraktion beteiligten Faktoren in ihrem Anteil gegeneinander abzugrenzen.

Wir haben durch diese Erörterung die Frage nach der Zahl der möglichen Hebungen schon mitgetroffen; wir haben ihren innigen Zusammenhang mit Pause, Rhythmus, Gewicht und dadurch Höhe schon dargetan und erkennen, daß der Zahl der Hebungen wohl

durch die Aufdeckung aller dieser Beziehungen nicht mehr der gleich hohe Wert wie früher beigemessen werden kann. Auch kommt die Zahl der Ziehungen für die vorliegende Untersuchung der Form der Einzelhebung ja nur dadurch mit in Betracht, daß eben alle die geschilderten Momente in so überaus nahen Beziehungen zueinander stehen. Wie bei der Treppe, so ist auch bei der Frage nach Zahl und Höhe der Einzelkurven die gleiche Zurückhaltung geboten, wenn man einer Deutung der Phänomene näher kommen will und sich nicht mehr auf ihre einfache Feststellung beschränkt. Kraepelin-Hoch-Oseretzkowsky haben den Versuch gemacht, eine solche Deutung zu geben.

Treves (155, 156) hat eingehende Einwände gegen die Kraepelinsche und verwandte Theorien, die vorwiegend zentrale Ermüdung in Anspruch nehmen, erhoben und die Schwierigkeiten der vorliegenden Probleme dargelegt, ohne sie völlig lösen zu können. Nur ganz kurz seien hier einige Hauptpunkte angeführt.

Nach einer willkürlichen Erregungsreihe ist sofort eine elektrische und nach ihr abermals eine willkürliche möglich. Aber nach einer ersten elektrischen ist zwar eine zweite willkürliche, nicht aber eine dritte elektrische möglich (Mosso, Waller 161, Müller 109). Müllers Einwand, daß bei elektrischem Reiz aller in Frage kommenden Muskeln eine willkürliche Reihe nicht nachfolgen könne, setzt sich nicht mit der Tatsache auseinander, daß bei einer ersten willkürlichen Reihe doch auch alle Muskeln tätig sind und darauf doch eine elektrische geliefert werden kann. Man sieht, wie verwickelt die Verhältnisse liegen. Murri (113) hat bei einem Falle von Myasthenia gravis pseudoparalytica (Jolly) oder Erbscher Krankheit ebenfalls die Unerschöpfbarkeit des sogar erkrankten Muskels erwiesen und durch mannigfache Untersuchungen zur Klärung der Anschauungen beigetragen. Fest steht unter mancherlei schwankenden Lehren wohl die eine (Treves, 156, S. 20): Wenn der Muskel eine erste freiwillige Kurve mit irgendeinem Gewicht ausführt, wird er dadurch durchaus nicht erschöpft, ebensowenig das Zentralorgan, denn sowohl elektrisch wie durch den Willensreiz kann er mit einem bestimmten Gewicht eine zweite Ermüdungsreihe anschließen. Binet und Vaschide (6) schrieben schon 1898 den Satz: »Il n'y a pas un véritable épuisement du doigt, il y a simplement un épuisement re-

latif à ce poids de 5 kil.« Und Awramoff schlug vor, als Ursache der Beendigung der Ermüdungskurve nicht eine »momentane Ermüdung« anzusprechen, sondern nur von einer »momentanen Arbeitsunfähigkeit« zu reden. Kraepelin erwähnte (78), daß die von ihm hierbei angenommene schnelle Ermüdbarkeit des Zentrums auf keinem anderen Gebiete des Seelenlebens beobachtet werde, ja, daß sie mit den sonstigen Erfahrungen über seelische Ermüdbarkeit in direktem Widerspruch stehe. Und wenn man überblickt, wieviel neue Nahrung die letzten Forschungen den alten Zweifeln an der vorwiegend zentralen Bedingtheit der ergographischen Erscheinungen zuführen, wird man die anderen Deutungen der Phänomene ernstlich berücksichtigen müssen. Auch manche andere Hypothese Kraepelins, besonders die Lehre von der Reflexhemmung durch die Muskelermüdung, rückt durch die neueren, besonders die Trevesschen, Untersuchungen in ein anderes Licht. Wie sich ferner zeigt, trifft die Beobachtung Mossos, daß der Willensreiz im Verlaufe einer Ermüdungsreihe immer mehr anwachse, also immer stärkere Widerstände zu überwinden habe, nur auf bestimmte Fälle, d. h. gewisse Gewichts- und Rhythmusverhältnisse zu, und außerdem läßt sie sich dadurch erklären, daß sich bei gleichbleibendem schweren Gewichte die mechanischen Verhältnisse ändern, verschlechtern können. Dann müßte das Zentralorgan naturgemäß immer intensiver bemüht sein, doch noch günstige Arbeitsresultate zu liefern. Alle neueren Erfahrungen der Forschung scheinen sich am besten so verstehen, so deuten zu lassen, daß man als Ursache des Endes der Ermüdungskurve nicht nur eine Überschwemmung des Muskels mit giftigen Stoffwechselprodukten, und nicht allein eine Erschöpfung des Zentrums oder einer der Zwischenstationen (Lombard) anzusehen habe, sondern daß man auch eine Änderung der mechanischen Verhältnisse, die von den experimentellen Bedingungen und besonders dem Gewicht abhängig sind, bei der Erklärung zu berücksichtigen habe. Man muß sich darüber klar sein, daß diese »mechanischen Verhältnisse« noch keineswegs genügend bekannt sind, daß wir eine Beschreibung ihrer Veränderungen unter verschiedenen Arbeitsbedingungen von der Physiologie erst noch erhoffen dürfen; immerhin scheint eine Dehnung des Muskels durch Heben eines schweren Gewichtes eine Rolle zu spielen; eine Dehnung durch jede Kontraktion, die es bewirkt,

daß ein jeder neue Willensreiz den Muskel in stets neuer, veränderter Verfassung trifft. Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß bei einer Ermüdungskurve, die nicht mit dem Maximalgewicht begonnen wurde, auch nach sehr langer Tätigkeit jener Teil von Arbeit noch mit dem Anfangsmaximalgewicht nachgeholt werden kann, der im Beginne verabsäumt wurde (Treves). Ich kann nicht auf die ausführlichen Erörterungen eingehen, die Treves besonders über die Spannung des Muskels anstellt; ich muß auf seine Aufsätze selbst verweisen, deren zwei ja in deutscher Sprache an leicht erreichbarer Stelle stehen. Völlig geklärt werden die Verhältnisse auch durch seine ausgedehnten Untersuchungen nicht; auch ist es fraglich, ob seine Methoden durchaus einwandfrei waren. Nachgewiesen wurde jedoch durch ihn das eine, daß die Sachlage sehr verwickelt ist.

Der Abstieg (Rollets Dekreszente) endlich verdient nicht die bisher übliche Vernachlässigung. Oben schon wurde kurz erwähnt, daß der Widerstand, der oft dem fallenden Gewichte gleichsam unbewußt geleistet wird, eben auch ein Teil des gesamten Kontraktionsvorganges ist, und zwar nicht der geringste. Schon an der Zuckungsreihe des Froschmuskels ist es offenbar, daß vom Gipfelpunkte der Kurve keine einfache Fallkurve zur Abszissenachse führt (diese wäre steiler), sondern die Dehnung des Muskels (bei der isotonischen Zuckung) erfolgt zuerst schnell, dann langsamer. Auch bei der isometrischen Zuckung, auch beim Warmblüter, Menschen, ja schließlich auch im Ergogramm ist der Abfall keine einfache geometrische Funktion. Seine Krümmungen sind hier wechselnd, und speziell beim Ergogramm ist die Dekreszente meist zuerst schwächer, dann stärker gekrümmt. Auch den Abstieg zu messen erscheint also wertvoll, und zwar werden wir uns hier der größeren Steilheit wegen auf die Feststellung einer Ordinate, eine halbe Zeiteinheit nach dem Gipfel beschränken können. Wichtig erscheint auch die Bestimmung der Abstiegsbreite (der Abszisse des Abfalls) für die Frage der Dehnung der Kurve. Zwar ist, nachdem man anfangs der Dehnung der Zuckung als Ermüdungserscheinung einen besonderen Wert beigelegt hatte (Marey, Funke 45, Rollet 123—124) diese Einschätzung erheblich geändert worden, als man erfuhr, daß jene hauptsächlich von der Temperatur des Muskelpräparates abhänge und durch ge-

eignete Erwärmung ganz erheblich einzuschränken sei (Rollet 124), aber durch die Versuche Rollets wurde doch festgestellt, daß bei den Zuckungsreihen des M. abductor digiti V. eine Dehnung der Kurven in ihrem Verlauf nicht ganz ausbleibe. »Eine ganz geringe Dehnung der Zuckungsdauer scheint also auch beim Warmblütermuskel nach der Wirkung sehr zahlreicher Einzelreize in sehr kleinen Intervallen aufzutreten, und ich möchte darauf aufmerksam machen, daß darauf wahrscheinlich auch die gedehnten Tetani zurückzuführen sind, welche Mosso bei Darstellung seiner Ermüdungskurven mittels des Ergographen unter Anwendung elektrischer Reizung am Ende der Reihe der Tetani erhält, aus deren Gipfel sich die Ermüdungskurve zusammensetzt.« (Rollet 124, S. 232.) Wird hier die Dehnung hauptsächlich auf die sehr zahlreichen elektrischen Einzelreize zurückgeführt, (Mosso verwandte eine Reizfrequenz von 120 oder 60 in der Sekunde ohne die Schließungschläge), so wird es doch auch von Rollet als auffallend bezeichnet, daß auch die willkürlichen Reihen zuletzt gedehnte Tetani zeigen, während doch hier nur etwa 10 Impulse in der Sekunde angenommen werden. Schon Rollet verweist damals (1898) auf die Untersuchungen von v. Kries, Schäfer, Cauney und Tunstall, Griffiths, Herringham, Harris usw. und spricht es aus, daß weitere Untersuchungen mit Rücksicht auf v. Kries' und Lovéns Vermutungen nötig seien (Arch. f. Anat. u. Phys. 1884), daß der physiologische Einzelreiz gedehnter sei und zu gedehnteren Einzelzuckungen führe, als der elektrische Momentanreiz. Welchen Anteil an der festzustellenden Dehnung nun die Kreszente und Dekreszente hat, ist wichtig klarzulegen. Besonders wird man darauf achten müssen, ob eine Dehnung des Abstiegs dadurch bedingt ist, daß die Vp. das Gewicht längere Zeit oben hält, um es dann plötzlich fallen zu lassen, oder ob die Senkung zur Ruhelage selbst verlangsamt erfolgt. Nur wenige Ergebnisse der Forschung über den Abfall liegen bisher vor. Awramoff sah ohne Rhythmus größere und auch unregelmäßigere Breiten, als mit demselben; er stellte eine Abnahme der Breiten bei Zunahme des Gewichtes und des Tempos fest. Er geht jedoch nicht näher auf den Anteil ein, den der Abfall an der Gesamtbreite hat. Nur glaubt er eine Verschiedenheit der Geschlechter in bezug auf den Abfall des Gewichtes beobachtet zu haben: »Die Damen lassen das Gewicht

manchmal geradezu fallen, während die Herren gegenhalten, um das Fallen zu verhindern.« Spechts 2 Vp. verhalten sich verschieden. Vp. H. zeigt eine ausgesprochene Neigung, die Arbeit rhythmisch zu verrichten; ihm ist für das Zeitmaß, in dem das Gewicht gesenkt wird, dasjenige maßgebend, in dem er es hob. Seine Kurven zeigen bei Vermehrung des Intervalls und des Gewichtes Zunahme der Basis. Bei Vp. E. hingegen tritt bei verlangsamtem Tempo keine Breitenzunahme ein; bei ihm verkleinert sich ferner bei Gewichtszuwachs die Abstiegsbreite beständig. Es ist offenbar, welche beträchtliche Zahl von Widersprüchen oder doch Unstimmigkeiten diese Forschungen bergen, die einer Nachprüfung in größerem Umfange entschieden bedürfen.

Folgende Bestandteile der Kurve wird man also — noch einmal sei es zusammengefaßt — messen müssen:

Breite der Kurve,
Anstiegsbreite,
Abstiegsbreite,
Ordinate nach $^1/_2$, $^2/_2$, $^3/_2$ Zeiteinheiten,
Gipfelhöhe,
Ordinate nach $^1/_2$ Einheit nach dem Gipfel,
Flächeninhalt.

Der Flächeninhalt wird das wahre Maß der wirklich geleisteten Arbeit sein. Im übrigen wird man sich wohl in den meisten Fällen weniger um die absoluten Werte der einzelnen Größen bekümmern, als ihre verhältnismäßigen Veränderungen ins Auge fassen. Dies alles betrifft die Einzelziehung; dagegen wurden noch nicht jene beiden anderen Formen des Ergogrammes erörtert, die wir im Beginn als Zeitkontraktion und Dauerkontraktion bezeichneten. Nur in gewisser Beziehung lassen sich diese drei Formen des Ergogramms miteinander vergleichen. Schon aus äußeren Gründen, wegen der zu großen Länge der zu erwartenden Kurven, wird es sich empfehlen, einige Änderungen in der Aufzeichnung zu treffen: man wird die Geschwindigkeit der Trommel zweckmäßig bedeutend verringern. Winkel, Dehnungen usw. werden sich hier also bei weitem nicht so genau bestimmen lassen, aber der Wert dieser beiden Ergogrammformen liegt auch auf anderem Gebiet. Die Zeitkontraktion wird nur in

seltenen Fällen zu empfehlen sein, vielleicht nur dann, wenn, wie bei Zoth und Pregl (120 u. 168), allein die geleistete Arbeit, hauptsächlich durch den Index der Höhe, gemessen werden soll. Dann wird es das gewünschte Plateau bequem ermöglichen, die Schleuderung zu erkennen und in der Berechnung auszuschließen, und auch eine etwaige Bestimmung des Flächenwertes wird daher genauer sein. Die dritte Form, die der Dauerkontraktion, erscheint in weiterer Hinsicht empfehlenswert. Auch bei ihr wird man keinen besonderen Wert den Winkeln und dem Anstieg beimessen; von Wichtigkeit wird die leichte Erkennung der Schleuderung, von Interesse besonders die Art und Weise sein, wie sich die Ordinaten des langen unregelmäßigen Plateaus, wie sich endlich die Flächenwerte verhalten. Mit der Einzelziehung haben diese beiden Plateauformen nicht mehr viel gemein, besonders der letzteren Wesen und Wert ist ein ganz anderer; nur die Maximalhöhe hat bei allen drei die gleiche Bedeutung. Eher steht die dritte Form in Beziehungen zu der ganzen Ermüdungsreihe, wenn man die Höhenlinie betrachtet und die Zahl der Einzelziehungen ignoriert. Diese dritte Form hat noch einen besonderen Vorteil: werden ihre Gesetze einmal alle bekannt sein, werden ihre Veränderungen unter veränderten Versuchsbedingungen genau erforscht sein, dann wird sich bei ihr leichter als bei den übrigen Formen die Möglichkeit ergeben, sie auch bei Kranken anzuwenden. Fast alle Geisteskranken werden der komplizierteren Aufgabe, eine rhythmische Serie von Ziehungen im Ergographen auszuführen, dabei das Gewicht so hoch wie möglich zu heben und sobald als möglich fallen zu lassen und doch dabei nicht aus dem Takt zu kommen, eine Fülle von Schwierigkeiten entgegenbringen, wie sie eben gerade die vorliegende Psychose bedingt. Die Aufgabe jedoch, ein Gewicht zu heben und solange als möglich zu halten, ist soviel einfacher, daß man die Zweifel, mit jener ersten Methode bei Geisteskranken brauchbare Resultate zu bekommen, bei dieser letzteren wohl zu einem Teil aufgeben kann.

Im Verlauf der langen Versuche mit der Einzelziehung trat der ursprüngliche Plan, den Einfluß des Alkohols auf die Form des Einzelergogramms zu untersuchen, deshalb immer mehr und mehr in den Hintergrund, weil sich erst die Notwendigkeit herausstellte, über

die Verhältnisse bei normalen Bedingungen eine Übersicht zu bekommen. In zwei verschiedenen Arten wurden die Einzelziehungen geliefert: 1. in Reihen von je 25 Ziehungen ohne Unterbrechung (damit war die Tagesaufgabe erfüllt) und 2. in 12 Reihen zu je 10 Ziehungen; auf jede Reihe folgte eine Pause von ungefähr 5 Minuten. Ganz genau ließ sich diese Pause nicht einhalten; zuweilen wurden es 6 Minuten oder ab und zu sogar 8, was natürlich stets genau vermerkt wurde. Dies war jedoch nicht zu vermeiden, da nur zwei, höchstens drei Serien auf eine Trommel gingen, und bei dem häufigen Trommelwechsel und vielen Einstellungen der Schreiber die Zeit für alle die Verrichtungen dem Gehilfen nicht reichte. Mit diesen 12 Reihen war ebenfalls die Tagesaufgabe erledigt. Nach der zweiten Serie wurde stets eine Quantität Wasser oder Wein in gleichbleibender Weise genossen. Im übrigen wurden natürlich alle die üblichen Vorsichtsmaßregeln der Versuchspersonen usw. beobachtet. Der Rhythmus war stets (bei beiden Versuchsarten) eine Sekunde; bei jedem zweiten Metronomzeichen wurde reagiert.

Fig. 7.
Bar. 6 vom 7. 3. 1905. A. V.

Erste Gruppe der Versuche ohne Pause.

Die von den Versuchspersonen Bar. und Hi. gelieferten Kurven gebe ich fast vollständig in der Ausrechnung wieder. Von Bar. wurden die Ziehungen mit 4 kg vorgenommen, am 1., 2., 3., 4., 6., 7. März 1905,

stets gegen 10 Uhr vormittags. Bar. führte ein äußerst regelmäßiges Leben; er pflegte fast niemals Alkohol zu genießen. 5 Minuten vor jedem Versuch nahm die Versuchsperson am 1., 3., 6. 150 ccm Wasser, am 2., 4., 7. 150 ccm eines Achaiaweins von 14,5% Alkoholgehalt zu sich (die Prozente des Alkohols wurden von mir selbst im Hygienischen Institut der Münchner Universität bestimmt). Ich lasse ein Bild einer ganzen Serie (Nr. 6, vom 7. III. 05) hier folgen, um ihre Form und Anordnung zu veranschaulichen. Die Verkleinerung beträgt ungefähr $^3/_{10}$. Der Zeitschreiber verzeichnet $^1/_5$ Sekunde; das Glockensignal des Elektrometronoms wird auf der Trommel mit dem Deprezschreiber vermerkt. (S. Figur 7.)

Betrachten wir zunächst die Ordinaten der Kurven, so gibt Tabelle I die Höhen sämtlicher Ergogramme in mm wieder. Wo in dieser und allen folgenden Zahlenreihen Lücken sichtbar sind, fielen die betreffenden Ziehungen nicht aus, sondern nur ihre Messung war aus technischen Gründen nicht möglich. Die römischen Ziffern bezeichnen die einzelnen Ergogramme; die arabischen geben die Nummern der Ziehungsreihen, in diesem Falle also auch der Versuchstage an[1]). In allen Tabellen ist zuerst die wagerechte Zahlenreihe zu beachten; sie gibt die Veränderung der Größen innerhalb jeder Ziehungsreihe an; die vertikale Säule dagegen stellt die gleichnamigen Ergogramme aller Reihen zusammen. Die Mittelwerte der Höhen wurden den Absichten der vorliegenden Arbeit gemäß nicht für eine ganze Reihe (wie bisher), sondern für sämtliche gleichziffrigen Ergogramme aller Reihen berechnet; sie entsprechen also den senkrechten Säulen. Alle Zahlen die ein ! tragen, sind aus leicht ersichtlichen technischen Gründen nicht ohne weiteres mit den übrigen zu vergleichen.

Die Abnahme der Höhen, die ein Blick auf eine (bisher üblich gewesene) gewöhnliche Ermüdungskurve ergibt, tritt auch in den wagerechten Zahlenreihen der Tab. I bei allen 6 Versuchen zutage. Dieser deutlichen Abnahme geht in allen 6 Fällen eine ebenso sichtbare Zunahme voraus, d. h. es findet sich hierbei stets eine Treppe. Die bekannten Schwankungender Zahlen, die bei graphischer

1) Man beachte bei der Besprechung der folgenden Tabellen stets den Unterschied zwischen Reihen (= Serien) und Ziehungen (= Hebungen, Ergogrammen).

Tabelle I.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Bar. 1. N.V.	37,9	39,9	40,0	39,2	40,0	37,9	38,5	38,3	38,1
» 2. A.V.	39,0	40,1	40,7	40,1	39,5	38,9	37,6	38,4	39,5
» 3. N.V.	37,5	39,3	38,8	39,3	39,0	39,9	39,0	38,2	37,8
» 4. A.V.	40,9	42,3	41,7	41,1	41,4	41,2	41,9	39,6	42,0
» 5. N.V.	41,6	41,7	41,6	41,6	42,4	41,3	41,5	42,0	41,3
» 6. A.V.	39,0	41,0	40,5	39,5	39,8	40,2	40,8	40,4	39,0
Arithmet. Mittel der N.V.	39,0	40,3	40,1	40,0	40,5	39,7	39,7	39,5	39,1
» » » A.V.	39,6	41,1	41,0	40,2	40,2	40,1	40,1	39,5	40,2
» » aller V.	39,3	40,7	40,5	40,1	40,3	39,9	39,9	39,5	39,6
Stellungsmittel » V.	39,0	40,55	40,6	39,8	39,9	40,05	39,9	38,9	39,25

	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
Bar. 1. N.V.	37,0	37,9	34,7	37,1	36,6	35,0	33,5	35,2
» 2. A.V.	37,9	35,2	35,9	37,9	35,4	33,7	34,8	32,9
» 3. N.V.	37,5	38,1	36,7	36,3	36,4	35,8	36,4	35,3
» 4. A.V.	40,1	39,6	40,0	39,5	40,0	38,2	37,1	38,9
» 5. N.V.	40,5	40,1	41,8	39,4	40,5	39,6	38,8	—
» 6. A.V.	39,0	38,9	37,5	37,7	38,7	38,1	33,1	35,7
Arithmet. Mittel der N.V.	38,3	38,7	37,7	37,6	37,8	36,8	36,2	35,2!
» » » A.V.	39,0	37,9	37,8	38,4	38,0	36,7	35,0	35,8
» » aller V.	38,7	38,3	37,8	38,0	37,9	36,7	35,6	35,6
Stellungsmittel » V.	38,45	38,5	37,1	37,8	37,65	36,95	35,6	35,3

	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
Bar. 1. N.V.	35,3	32,0	32,4	32,6	29,8	31,8	32,0	30,0
» 2. A.V.	31,7	30,8	31,5	31,4	33,2	28,7	26,2	28,3
» 3. N.V.	34.1	35,1	35,8	33,0	32,9	32,5	30,1	29,1
» 4. A.V.	39,2	37,1	38,2	36,9	34,6	35,3	34,8	31,4
» 5. N.V.	—	—	—	—	—	—	—	—
» 6. A.V.	36,3	37,1	36,1	33,5	33,0	34,6	32,8	31,8
Arithmet. Mittel der N.V.	34,7!	33,5!	34,1!	32,8!	31.3!	32,1!	31,0!	29.5!
» » » A.V.	35,7	35,0	35,3	33,9	33,6	32,9	31,3	30.5
» » aller V.	35,3	34,4	34,8	33,5	32,7	32,6	31,2	30,1
Stellungsmittel » V.	35,3	35,1	35,8	33,0	33,0	32,5	32,0	30,0

Höhen sämtlicher Kurven von Bar. (in mm) und ihre Mittelwerte.

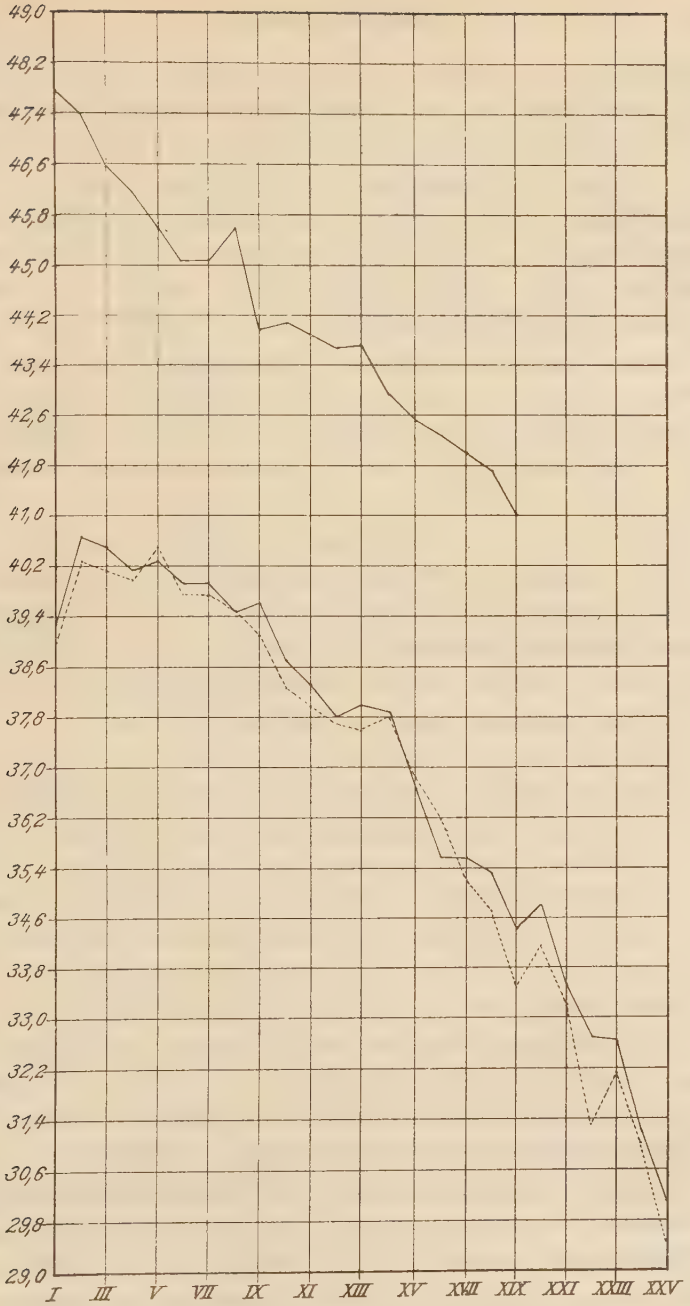

Fig. 8.

Arithmetische Mittel der Höhen aller Kurven von Bar. (unten) und Hi. (oben), entsprechend den Zahlen der Tabelle I.

Die punktierte Linie gibt die Mittelwerte nur der N.V. von Bar., also der Reihen 1, 3, 5 an.

Darstellung eine Zickzacklinie ergeben würden, sind auch hier im Verlaufe der Reihe und sogar schon innerhalb der Treppe deutlich. Diese erreicht eine verschiedene Zahl von Stufen: Reihe 1 weist deren drei (bzw. 5), die übrigen 3, 6, 2, 5, 2 Stufen auf. Der Unterschied zwischen der höchsten und tiefsten Hebung beträgt für die 6 Reihen: 10,2 — 14,5 — 10,8 — 10,9 — ? — 9,2 mm; die höchsten Höhen sind 40,0 — 40,7 — 39,9 — 42,3 — 42,4 — 41,0 mm, die geringsten Höhen 29,8 — 26,2 — 29,1 — 31,4 — ? — 31,8 mm. Die Mittelzahlen, die aus allen 6 Ergogrammen Nr. I, aus allen Nr. II usw. gewonnen wurden, ergeben eine nur zweistufige Treppe, deren Stufe 1,4 mm hoch ist. Sie sind in Fig. 9 auch graphisch dargestellt. Man sieht, daß ihre Linie verhältnismäßig regelmäßig abstürzt.

Auch die Werte der Stellungsmittel finden sich in der Tabelle. Die Tabelle sowohl wie die Fig. 9 geben auch die Mittelzahlen für die N.V. gesondert, also für die Reihen 1, 3, 5 an. Danach erscheint die Normallinie fast beständig niedriger als die Gesamthöhenlinie; die A.V. scheinen also die Durchschnittshöhen vermehrt zu haben. Doch muß man beachten, daß die A.V. an 2., 4., 6. Stelle stehen, daß sie also vielleicht einen Übungszuwachs vor der 1., 3., 5. Reihe voraus hatten. Von der Kurve XVII an wird ein Vergleich beider Zahlen überhaupt ungenau, da die Reihe 5 ausfällt. Sonst scheint kein klarer Unterschied zwischen N.V. und A.V. sichtbar zu werden; nur ganz vorsichtig sei der Vermutung Raum gegeben, daß bei den ersteren die Treppe länger zu sein scheint: die N.V. zeigen 5, die A.V. nur 2 Stufen in ihren Mittelzahlen.

Bisher hätten uns 6 gewöhnliche Ermüdungskurven (bei langsamem Trommelgang) dieselben Zahlen geliefert. Ein neues Bild hingegen zeigt uns Tab. II, die die oben erwähnten 5 Ordinaten jedes einzelnen Ergogramms verzeichnet. Gemessen wurden jedoch aus naheliegenden Gründen nur die Nummern I, II, III, V, X, XV, XX, XXV jeder Reihe, sofern nicht diese Kurven gerade zerschnitten oder sonstwie unbrauchbar waren. Die Kurvenhöhen wurden nur der Vollständigkeit wegen hier noch einmal eingesetzt. Bei der Betrachtung sämtlicher wagerechten Zahlenreihen der Ordinaten des Anstiegs kann man beobachten, daß eine außerordentlich starke Abnahme der Zahlen gegen das Ende jeder Reihe hin statthat.

Tabelle II.

		Nummern der Einzelkurven							
		I	II	III	V	X	XV	XX	XXV
	1. Ordinate	5,7	6,0	3,8	6,1	4,1	3,3	2,3	3,1
	2. »	18,9	20,7	13,8	18,3	14,0	10,6	8,2	9,7
Bar. 1. N.V.	3. »	33,6	36,4	30,8	32,9	26,6	20,2	15,6	18,2
	Höhe	37,9	39,9	40,0	40,0	37,0	35,0	32,4	30,0
	5. Ordinate	37,9	39,5	35,4	35,1	26,8	26,4	25,9	22,2
	1. Ordinate	3,7	5,3	4,6	4,5	3,4	3,0	—	2,5
	2. »	14,1	18,2	16,3	15,6	11,6	10,3	—	7,9
Bar. 2. A.V.	3. »	28,6	33,6	31,4	30,0	21,8	19,6	—	14,3
	Höhe	39,0	40,1	40,7	39,5	37,9	33,7	31,5	28,3
	5. Ordinate	39,0	36,1	37,9	30,9	35,9	30,5	26,9	24,1
	1. Ordinate	4,3	5,6	5,6	5,0	5,5	4,0	3,8	3,4
	2. »	16,2	19,8	19,1	18,2	17,8	12,7	11,9	11,6
Bar. 3. N.V.	3. »	30,8	35,5	34,2	33,8	31,8	24,0	23,0	21,0
	Höhe	37,5	39,3	38,8	39,0	37,5	35,8	35,8	29,1
	5. Ordinate	37,5	37,1	35,5	35,0	33,6	32,1	33,8	28,7
	1. Ordinate	4,9	5,7	5,4	4,6	4,3	3,4	3,3	2,4
	2. »	18,4	20,4	19,1	16,9	14,2	10,2	9,7	8,0
Bar. 4. A.V.	3. »	35,3	38,0	36,0	33,8	27,3	18,8	17,6	14,5
	Höhe	40,9	42,3	41,7	41,4	40,1	38,2	38,2	31,4
	5. Ordinate	40,8	39,1	37,8	35,3	31,3	27,6	38,1	27,9
					IX				
	1. Ordinate	5,0	4,9	—	4,5	3,6	—	—	—
	2. »	18,7	18,8	—	16,6	14,0	—	—	—
Bar. 5. N.V.	3. »	37,1	36,6	—	33,4	29,8	—	—	—
	Höhe	41,6	41,7	42,4	41,3	40,5	39,6	—	—
	5. Ordinate	38,3	35,7	—	25,6	12,6	—	—	—
				IV					
	1. Ordinate	5,7	4,9	5,2	4,7	5,1	4,3	3,8	3,6
	2. »	20,1	19,1	18,7	17,7	16,4	14,3	12,6	12,3
Bar. 6. A.V.	3. »	36,2	37,1	35,3	34,2	31,7	28,4	25,0	22,3
	Höhe	39,0	41,0	39,5	39,8	39,0	38,1	36,1	31,8
	5. Ordinate	38,2	31,7	34,1	33,9	26,3	31,7	28,8	26,2

Ordinatenhöhen in mm.

1. Ordinate nach $^1/_2$
2. » » $^1/_1$ } Zeiteinheiten nach dem Beginn.
3. » » $^3/_2$
5. » » $^1/_2$ Zeiteinheit (0,2 Sek.) nach dem Gipfel.

Tabelle III.

	I	II	III	V	X	XV	XX	XXV	
Höhenzunahme während der ersten 0,1 Sekunde (1. Ordinate)	5,7	6,0	3,8	6,1	4,1	3,3	2,3	3,1	Bar. 1.
	3,7	5,3	4,6	4,5	3,4	3,0	—	2,5	» 2. A.V.
	4,3	5,6	5,6	5,0	5,5	4,0	3,8	3,4	» 3.
	4,9	5,7	5,4	4,6	4,3	3,4	3,3	2,4	» 4. A.V.
	5,0	4,9	—	—	3,6	—	—	—	» 5.
	5,7	4,9	—	4,7	5,1	4,3	3,8	3,6	» 6. A.V.
während der zweiten 0,1 Sekunde (2. Ordinate)	13,2	14,7	10,0	12,2	9,9	7,3	5,9	6,6	Bar. 1.
	10,4	12,9	11,7	11,1	8,2	7,3	—	5,4	» 2. A.V.
	11,9	14,2	13,5	13,2	12,3	8,7	8,1	8,2	» 3.
	13,5	14,7	13,7	12,3	9,9	6,8	6,4	5,6	» 4. A.V.
	13,7	13,9	—	(12,1)	10,4	—	—	—	» 5.
	14,4	14,2	(13,5)	13,0	11,3	10,0	8,8	8,7	» 6. A.V.
während der dritten 0,1 Sekunde (3. Ordinate).	14,7	15,7	17,0	14,6	12,6	9,6	7,4	8,5	Bar. 1.
	14,5	15,4	15,1	14,4	10,2	9,3	—	6,4	» 2. A.V.
	14,6	15,7	15,1	15,6	14,0	11,3	11,1	9,4	» 3.
	16,9	17,6	16,9	16,9	13,1	8,6	7,9	6,5	» 4. A.V.
	18,4	17,8	—	(16,8)	15,8	—	—	—	» 5.
	16,1	18,0	(16,6)	16,5	15,3	14,1	12,4	10,0	» 6. A.V.

Höhenabnahme während 0,1 Sekunde nach dem Gipfel (zwischen 4. u. 5. Ordinate)	0,0	0,4	4,6	4,9	10,2	8,6	6,5	7,8	Bar. 1.
	0,0	4,0	2,8	8,6	2,0	3,2	4,6	4,2	» 2. A.V.
	0,0	2,2	3,3	4,0	3,9	3,7	2,0	0,4	» 3.
	0,1	3,2	3,9	6,1	8,8	10,6	0,1	3,5	» 4. A.V.
	3,3	6,0	—	(15,7)	27,9?	—	—	—	» 5.
	0,8	9,3	(5,4)	5,9	12,7	6,4	7,3	5,6	» 6. A.V.
Mittelwerte der Höhenzunahme während der ersten 0,1 Sekunde (1. Ordinate)	5,0	5,5	4,7!	5,6	4,4	3,7	3,05!	3,2	Arithmet. Mittel der N.V.
	4,8	5,3	5,0!	4,6	4,3	3,6	3,55!	2,8	» » » A.V.
	4,9	5,4	4,85	4,98	4,3	3,6	3,3	3,0	» » aller V.
	4,95	5,45	5,0	4,7	4,2	3,7	3,55	3,1	Stellungsmittel » V.
während der zweiten 0,1 Sekunde (2. Ordinate)	12,9	14,3	11,7!	12,7	10,9	8,0	7,0!	7,4	Arithmet. Mittel der N.V.
	12,8	13,9	12,7!	12,1	9,8	8,0	7,6!	6,6	» » » A.V.
	12,8	14,1	12,2	12,4	10,3	8,0	7,3	6,9	» » aller V.
	13,35	14,2	12,6	12,3	10,15	7,3	7,25	6,6	Stellungsmittel » V.
während der dritten 0,1 Sekunde (3. Ordinate)	15,9	16,4	16,0!	15,1	14,1	10,4	9,2!	8,9	Arithmet. Mittel der N.V.
	15,8	17,0	16,0!	15,9	12,9	10,7	10,1!	7,6	» » » A.V.
	15,9	16,7	16,0	15,6	13,5	10,6	9,7	8,2	» » aller V.
	15,4	16,65	16,0	15,6	13,55	9,6	9,5	8,5	Stellungsmittel » V.
Mittelwerte der Höhenabnahme während 0,1 Sekunde nach dem Gipfel (zwischen 4. u. 5. Ordinate)	1,1	2,9	3,9!	4,4	14,0?	6,1	4,2	4,1	Arithmet. Mittel der N.V.
	0,3	5,5	3,3!	6,9	7,8	6,7	4,0	4,4	» » » A.V.
	0,7	4,2	3,6	5,9	10,9?	6,5	4,1	4,3	» » aller V.
	0,05	3,6	3,6	5,9	9,5	6,4	4,6	4,2	Stellungsmittel » V.

In anderen Worten: Die Steilheit des Anstiegs nimmt mit steigender Nummer beständig und beträchtlich ab: der Anstieg wird flacher. Die Zahlen bestätigen, was ein Blick auf die Kurvenreihe selbst lehrt (Fig. 7). Jedoch nicht jede Kurve steigt flacher an als die vorhergehende; auch hier finden von Zuckung zu Zuckung Schwankungen statt, die aber nur einen geringen Umfang besitzen. Einen noch besseren Überblick über die Verflachung des Anstiegs im Laufe einer Reihe gibt Tab. III. Hier wurden nicht die absoluten Werte der drei bezeichneten Ordinaten des Anstiegs eingetragen, sondern ihre Unterschiede, also die Höhenzunahme von Ordinate zu Ordinate, d. h. in 0,1 Sekunde. Man ersieht, um ein Beispiel zu bringen, daß die Nummer I der ersten Reihe in der 1., 2., 3. Zehntelsekunde um 5,7, — 13,2 — 14,7 mm anstieg, während die entsprechenden Zahlen bei XXV derselben Reihe 3,1 — 6,6 — 8.5 mm betrugen.

Die Zahlen wurden nun von den verschiedensten Seiten aus untersucht, ob irgendeine gesetzmäßige Abnahme ihrer Werte bestehe. Ich forschte, ob sie im Verlaufe einer Reihe in geometrischer oder arithmetischer Reihe stünden, ich stellte sie in mannigfachster Weise zusammen, um keine Gesetzmäßigkeit zu übersehen. Es gelang mir jedoch nicht, eine solche aufzudecken, und ich konnte nur den allgemeinen Satz formulieren: Im Verlaufe einer Reihe von 25 Ziehungen eines Gewichtes von 4 kg wird der Anstieg der Kurven allmählich beträchtlich flacher; diese Veränderung scheint sich auf jeden einzelnen Teil des Anstiegs zu erstrecken. I. a. W.: Im Laufe freiwilliger rhythmischer Muskelarbeit findet eine zunehmende Verlangsamung der Kontraktion von dem Punkte aus statt, an dem sie durch Erheben des Gewichtes zuerst in die Erscheinung tritt (von den Vorgängen vor diesem Moment weiß man noch nichts).

Wie bei den Höhen, so zeigen auch bei der Betrachtung der Steilheit des Anstiegs die ersten Kurven ein abweichendes Verhalten. Im Beginne der Reihe nämlich wird der Aufstieg zuerst steiler, um erst dann der eben formulierten Gesetzmäßigkeit untertan zu sein.

In der 1. Reihe z. B. wächst die Steilheit des Anstiegs

während der ersten Zehntelsekunde bis zur Kurve V,
» » zweiten » » » » II,
» » dritten » » » » III,

in der 2. Reihe während d. 1., 2., 3. Zehntelsekunde bis zu den Nummern II. II. II,
» » 3. » » » 1., 2., 3. » » » » » III. II. II.
» » 4. » » » 1., 2., 3. » » » » » II. II. II.

In der 5. und 6. Reihe war die Bestimmung unmöglich.

In keinem einzigen Falle scheint also die erste Kurve den steilsten Anstieg zu haben. Vergleicht man diese Befunde mit der Zahl der Stufen der Treppe, so ergibt sich keine völlige Übereinstimmung; i. a. W.: die Zunahme der Höhe während der ersten Kurven geht nicht völlig mit der Zunahme der Steilheit gleichen Schritt; es kann vielmehr die Höhe noch zunehmen, ohne daß sich die Steilheit weiter vermehrt. In allen Fällen aber erfolgte die erste Muskelkontraktion langsamer als die zweite.

Betrachtet man die senkrechten Säulen der Tab. II und III, so findet man durch Zahlen bewiesen, was auch dem nur abschätzenden Auge schon deutlich erscheint: der Anstieg jedes Ergogramms zeigt eine zuerst langsam, dann immer schneller ansteigende Linie, die erst kurz vor dem Gipfel wieder flacher verläuft. Entnehmen wir der Tab. III als Beispiel Nr. I aus Reihe 1, so ergibt sich, daß der Höhenzuwachs während der ersten Zehntelsekunde 5,7, während der zweiten 13,2, während der dritten sogar 14,7 mm beträgt; die entsprechenden Zahlen der Kurve XXV betragen 3,1—6,6—8,5 mm; der absolute Wert der Zunahme ist stets in der dritten Zehntelsekunde der größte; hiervon macht keine einzige der gemessenen etwa 48 Kurven eine Ausnahme. Vergleicht man jedoch, in welchem Verhältnis die Zunahmen der drei ersten Zehntelsekunden zueinander stehen, so gebührt der zweiten vor allen der Vorrang, denn in ihr wächst die Steilheit um mehr als das Doppelte des ersten Abschnittes, während in der dritten der Zuwachs nur selten das Dreifache überschreitet, oft kaum erreicht. Hierin scheinen sich (abgesehen von den absolut kleineren Zahlen) die späten Kurven nicht anders zu verhalten als die frühen.

Es wurde ferner danach geforscht, ob die Mittelzahlen für die Steilheit des Anstiegs etwa eine Gesetzmäßigkeit erkennen ließen. Sie finden sich in Tab. III in derselben Weise zusammengestellt wie die Mittelwerte der Höhen in Tab. I. Sie zeigen für alle drei Zehntelsekunden eine zweistufige Treppe, wenn auch hierfür dieser Ausdruck erlaubt ist, d. h. eine Zunahme der Steilheit bis zur zweiten Kurve.

Im übrigen bestätigen sie das oben von den einzelnen Reihen Gesagte. Besonderheiten fallen nicht auf. Auch für den Vergleich der N. V. mit den A. V. gelten die obigen Bemerkungen, daß die A. V. an 2., 4., 6., also günstigerer Stelle stehen. Sie scheinen durchweg einen etwas flacheren Anstieg zu haben als die N. V.; nur 3 Ausnahmen fallen auf, wenn man nur die einwandfreien Zahlen betrachtet.

Es bleibt bei der Wertung der gewonnenen Zahlen noch übrig, auf die Dekreszente einzugehen, auf das 5. Lot, das den Abfall innerhalb der Zehntelsekunde angibt, die der Erreichung des Gipfels folgt. Man dürfte nach den bisherigen Erfahrungen vielleicht erwarten, daß die Erschwerung der Arbeit, die sich doch offenbar in der beobachteten Abnahme der Steilheit des Anstiegs von Kurve zu Kurve offenbart, zu einer Zunahme der Steilheit des Absturzes führe, zu dem Bestreben nämlich, das gehobene Gewicht möglichst schnell wieder fallen zu lassen. Die Zahlen der Tab. III bestätigen diese Vermutung nicht unbedingt. Zwar nimmt — von den ersten Kurven in jeder Reihe vorläufig abgesehen — die Steilheit des Abfalles allmählich zu, die Kurve wird also spitzer; dieser Zunahme scheint jedoch wiederum eine Abnahme, ein Flacherwerden, zu folgen. In allen 6 Reihen nimmt der Abfall nur bis zu den Nummern X, V, V, XV, ?, X zu, um dann wieder bedeutend niedrigere Werte zu erreichen. Berücksichtigt man die Mittelzahlen der Tab. III, so sieht man die höchsten Werte, also steilsten Abfälle, in der Nähe der X. oder XV. Kurve liegen; danach werden die Ergogramme wieder flacher, runder. Ein deutlicher Unterschied zwischen den Mittelzahlen der A. V. und N. V. konnte hier nicht aufgedeckt werden. Ebenso konnte man nicht beobachten, daß sich die Steilheit des Abfalles im Laufe der Versuchstage in irgendeiner merklichen Weise ändert, daß also die Abstiege der Reihe 1 sich von denen der Reihe 6 unterscheiden. Die niedrigsten Werte liegen durchweg bei den Anfangszuckungen, und auch hierin sehen wir diese sich von den übrigen Kurven auszeichnen. Nur in der 5. Reihe ist die erste Kurve um 3,3 mm gefallen; in allen anderen hat sie nicht einmal den Unterschied eines Millimeters erreicht, ja in den Reihen 1, 2, 3 bildet sich ein richtiges Plateau. I. a. W. gefaßt, lauten diese Befunde: Man ist nicht von vornherein imstande, die Aufgabe zu erfüllen, das Gewicht sogleich nach der Hebung wieder

fallen zu lassen. Vielmehr hält man es im Beginne jeder Zuckungsreihe oben fest und setzt auch im weiteren Verlauf dem freien Fall merkliche Widerstände entgegen (ob aktiv oder passiv bleibt dahingestellt). Diese Widerstände vermindern sich, hin- und herschwankend, einige Zeit (etwa bis zur X. oder XV. Ziehung), um dann von neuem zuzunehmen. Auf diese Tatsache wird unten bei der Erwähnung der Abstiegsbreite noch einmal eingegangen werden.

Wurde bisher die Aufmerksamkeit auf die Ordinaten gelenkt, so gibt uns die Tab. IV die Breiten sämtlicher Kurven nicht in Millimetern, sondern in Sekunden gemessen. Wie schon erwähnt, erscheint die Berechnung der Abszissen in Zeiteinheiten die einzig exakte und für vergleichende Untersuchungen brauchbare Messung.

Die wagerechten Zahlenreihen ergeben eine deutliche Vergrößerung; die Kurven werden also im Laufe einer Reihe merklich breiter. Allerdings stehen die breitesten Ergogramme (von den Anfangszuckungen abgesehen) nicht immer an letzter Stelle, sondern in den 6 Reihen an XVIII. und XXI., XIX., XXII., XXII., ?, XXIII. Stelle. Die größten Breitenzunahmen betragen in den 6 Serien (von den ersten Kurven abgesehen): 0,16 — 0,22 — 0,20 — 0,42 — ? — 0,16 Sekunden, die größten Breiten 0,70 — 0,78 — 0,74 — 0,98 — ? — 0,68 Sekunden, die kleinsten 0,54 — 0,56 — 0,54 — 0,56 — 0,50 und 0,52 Sekunden. Die einleitenden Zuckungen jeder Reihe zeigen ein abweichendes Verhalten: ihre Breite überragt die der folgenden Kurven bedeutend. Die Breite vermindert sich also, um erst **dann** allmählich anzuwachsen. Diese Verminderung hält in den 6 Reihen bis zur IV., II., VII., VII., V., II. Kurve vor. Die Mittelwerte der Breiten gibt die Tab. IV und die Fig. 9.

In den Mittelwerten vermindert sich die Breite bis zur Nr. V und wächst dann in ziemlich unregelmäßiger Weise. Der Tab. I und Fig. 8 entsprechend, wurden auch für die Breiten die Mittelwerte der N.V. und A.V. gesondert berechnet. Danach scheint die Normallinie auf der Fig. 9 von der VII. Kurve an beständig und nicht unbeträchtlich unter der Gesamtbreitenlinie zu verlaufen; das würde also bedeuten, daß die A.V. die Durchschnittsbreiten vermehrt haben. Auch hierbei darf man nicht vergessen, daß die A.V. durch ihre Stellung am 2., 4., 6. Platze bevorzugt sind, und daß von Kurve XVI an der Vergleich zwischen A.V. und N.V. durch den Wegfall der

Tabelle IV.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Bar. 1. N.V.	0,72	0,64	0,58	0,56	0,58	0,58	0,64	0,54	0,54
» 2. A.V.	0,72	0,56	0,60	0,58	0,58	0,56	0,64	0,64	—
» 3. N.V.	0,66	0,58	0,60	0,56	0,58	—	0,54	0,56	—
» 4. A.V.	0,68	0,60	0,58	—	0,58	0,60	0,56	—	0,60
» 5. N.V.	0,64	0,54	0,58	—	0,50	0,58	0,54	0,50	0,52
» 6. A.V.	0,60	0,52	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,54	0,52
Arithmet. Mittel der N.V.	0,67	0,59	0,59	—	0,55	0,58	0,57	0,53	—
» » » A.V.	0,67	0,56	0,57	—	0,57	0,56	0,57	0,59	—
» » aller V.	0,67	0,57	0,58	—	0,56	0,57	0,57	0,56	—
Stellungsmittel » V.	0,67	0,57	0,58	—	0,58	0,58	0,55	0,54	—

	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
Bar. 1. N.V.	0,58	—	0,60	0,60	0,68	0,64	0,66	0,64
» 2. A.V.	0,68	0,72	—	—	0,74	0,68	0,68	0,68
3. N.V.	0,56	0,60	0,56	0,56	—	0,62	0,62	—
» 4. A.V.	0,60	0,60	—	0,62	0,64	0,68	0,64	—
» 5. N.V.	0,50	0,54	0,52	0,54	0,52	0,50	—	—
» 6. A.V.	0,52	0,52	0,53	0,56	0,58	0,58	0,58	0,62
Arithmet. Mittel der N.V.	0,55	0,57	—	0,57	0,60	0,59	0,64!	—
» » » A.V.	0,60	0,61	—	0,59!	0,65	0,65	0,63	—
» » aller V.	0,57	0,60	—	0,58	0,63	0,62	0,64	—
Stellungsmittel » V.	0,57	0,60	—	0,56	0,64	0,63	0,64	—

	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV
Bar. 1. N.V.	0,70	0,68	0,68	0,70	0,64	0,66	0,68	0,64
» 2. A.V.	0,72	0,78	—	—	—	0,76	0,76	0,74
» 3. N.V.	0,64	0,66	0,66	0,66	0,74	0,70	0,64	0,68
» 4. A.V.	—	0,76	0,78	0,96	0,98	0,96	0,86	0,76
» 5. N.V.	—	—	—	—	—	—	—	—
» 6. A.V.	0,66	0,64	0,58	0,58	—	0,68	0,62	0,62
Arithmet. Mittel der N.V.	—	0,67!	—	—	—	0,68!	0,66!	0,66!
» » » A.V.	—	0,73	—	—	—	0,80	0,75	0,71
» » aller V.	—	0,70	—	—	—	0,75	0,71	0,69
Stellungsmittel » V.	—	0,68	—	—	—	0,70	0,68	0,68

Breiten sämtlicher Kurven von Bar. (in Sekunden) und ihre Mittelwerte.

5. Reihe ungenau wird. Im übrigen scheint sich kein deutlicher Unterschied zwischen beiden Versuchsarten zu ergeben; nur nehmen die mittleren Breiten der N.V. bis zur VIII., die der A.V. nur bis zur II. Kurve ab. Fassen wir die Ergebnisse der IV. Tabelle zusammen: Im Verlauf einer Ziehungsreihe finden die Muskelkontrak-

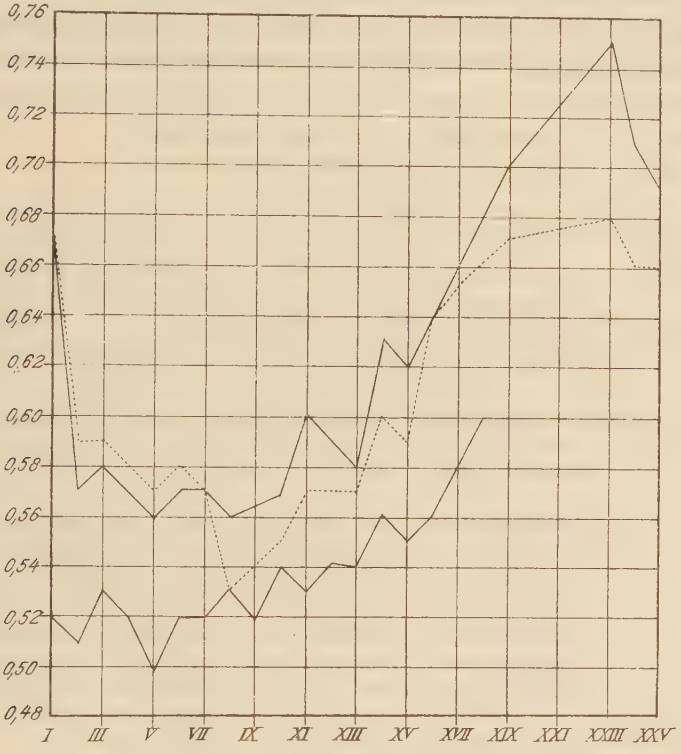

Fig. 9.

Arithmetische Mittel der Breiten aller Kurven von Bar. (oben) und Hi. (unten), entsprechend den Zahlen der Tabelle IV.
Die punktierte Linie gibt die Mittelwerte nur der N.V. von Bar., also der Reihen 1, 3, 5 an.

tionen zuerst immer schneller, bald aber immer langsamer statt. Hierbei ist unter Muskelkontraktion der gesamte Vorgang verstanden, der abläuft, bis das Gewicht wieder seinen Ausgangspunkt erreicht.

Sofort drängt sich die Frage auf, welchen Anteil an dieser Verlängerung des Vorgangs die eigentliche Verkürzung des Muskels hat,

und welcher andererseits auf seine sogenannte Erschlaffung entfällt. Eine Verschmälerung oder Verbreiterung der Kurve kann ja durch verschiedenartige Ursachen bedingt sein. Bei gleichbleibender Steilheit wird eine Erniedrigung eine Abnahme der Breite zur Folge haben, wenn die Neigung der Dekreszente die gleiche bleibt. Bei beständiger Höhe indessen kann sowohl durch eine Dehnung des Anstiegs als des Abfalls, als auch durch ein Plateau eine Zunahme der Breite erfolgen. Wir haben also darauf zu achten, durch welche Faktoren die Zu- und Abnahme der Breiten unserer Kurven bedingt ist. Tab. V gibt uns den gewünschten Aufschluß.

Tabelle V.

		I	II	III	V	X	XV	XX	XXV
	Anstiegsbreiten	0,36	0,34	0,38	0,38	0,42	0,48	0,52	0,48
Bar. 1. N.V.	Abstiegsbreiten	0,36	0,30	0,20	0,20	0,16	0,16	0,16	0,16
	Gesamtbreiten	0,72	0,64	0,58	0,58	0,58	0,64	0,68	0,64
								XIX	
	Anstiegsbreiten	0,42	0,38	0.40	0,42	0,50	0,48	—	0,58
Bar. 2. A.V.	Abstiegsbreiten	0.30	0,18	0.20	0,16	0,18	0,20	—	0,16
	Gesamtbreiten	0,72	0,56	0,60	0,58	0,68	0,68	0,78	0,74
	Anstiegsbreiten	0,40	0,36	0,36	0.36	0,38	0,46	0,46	0,46
Bar. 3. N.V.	Abstiegsbreiten	0,26	0,22	0,24	0,22	0,18	0,16	0,20	0,22
	Gesamtbreiten	0,66	0,58	0,60	0,58	0,56	0,62	0,66	0,68
	Anstiegsbreiten	0,38	0,36	0,36	0,38	0,44	0,52	0,54	0,60
Bar. 4. A.V.	Abstiegsbreiten	0,30	0,24	0,22	0,20	0,16	0,16	0,24	0,16
	Gesamtbreiten	0,68	0,60	0,58	0,58	0,60	0,68	0,78	0,76
					IX				
	Anstiegsbreiten	0,36	0,36	—	0,38	0,38	—	—	—
Bar. 5. N.V.	Abstiegsbreiten	0,28	0,18	—	0,14	0,12	—	—	—
	Gesamtbreiten	0,64	0,54	0,58	0,52	0,50	0,50	—	—
				IV					
	Anstiegsbreiten	0,36	0,34	0,36	0,38	0,38	0,40	0,42	0,44
Bar. 6. A.V.	Abstiegsbreiten	0,24	0,18	0,18	0,16	0,14	0,18	0,16	0,18
	Gesamtbreiten	0,60	0,52	0,54	0,54	0,52	0,58	0,58	0,62

Anstiegs-, Abstiegs- und Gesamtbreiten in Sekunden ausgerechnet.

Die Zahlen bestätigen, was man aus der Fig. 7 ablesen zu können glaubt: die Anstiegsbreiten wachsen im Laufe der Reihe. Keine der Serien macht hiervon eine Ausnahme. Die Ab-

stiegsbreiten indessen verhalten sich anders: ihre Werte nehmen entweder ab oder bleiben sich allenfalls gleich. Die Anstiegsbreiten der A.V. scheinen etwas höhere Mittelwerte zu erreichen als die der N.V.; in ihren Abstiegsbreiten indessen läßt sich kein regelmäßiger Unterschied feststellen. Es ist also offenbar, daß die Zunahme der Gesamtbreite, die sich im Verlaufe jeder Reihe zeigt, hauptsächlich auf die Vergrößerung der Anstiegsbreite zurückzuführen ist. Die Veränderung der Höhen könnte auf die Breiten ja nur vermindernd wirken, da sie, wie wir oben sahen, in der Kurvenfolge erheblich abnehmen. Wir stellten oben fest, daß die Steilheit der Kurven im Laufe einer Reihe erheblich abnimmt, und konnten uns der Erwartung hingeben, daß diese Verflachung eine Vermehrung der Anstiegsbreite bedingen müsse, falls die erreichten Höhen die gleichen blieben. Das war nicht der Fall, und so mußten wir abwarten, ob sich die Dehnung des Anstiegs und die Abnahme der Höhen in ihrer gegensätzlichen Wirkung auf die Anstiegsbreite aufheben würden. Die Messung ergab das Gegenteil: die Dehnung des Anstiegs überwiegt; die Anstiegsbreiten wachsen. Hierin gleichen ihnen die Abszissen des Abfalls nicht. Deren Verhalten ist anscheinend nicht sehr regelmäßig, doch schwanken sie im allgemeinen nur um wenige Hundertstelsekunden und bleiben annähernd gleich, nehmen jedenfalls durchaus nicht erheblich zu. Berechnet man ihre Mittelwerte, so wird diese Tatsache bestätigt; es zeigt sich aber weiterhin eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit dem Befund der Abfallsordinate der Tab. II und III.

Tabelle VI.

	I	II	III	V	X	XV	XX	XXV	
Mittelwerte der Anstiegsbreiten	0,37	0,35	0,37!	0,37!	0,39	0,47!	0,49!	0,47!	Arithmet. Mittel der N.V.
	0,39	0,36	0,38!	0,39	0,44	0,47	0,48!	0,54	» » » A.V.
	0,38	0,36	0,37!	0,38	0,42	0,47	0,48!	0,51	» » aller V.
	0,37	0,36	0,37	0,38	0,40	0,48	0,49	0,48	Stellungsmittel » V.
Mittelwerte der Abfallsbreiten	0,30	0,23	0,22!	0,21!	0,15	0,16!	0,18!	0,19	Arithmet. Mittel der N.V.
	0,28	0,20	0,21!	0,17	0,16	0,18	0,20!	0,17	» » » A.V.
	0,29	0,22	0,21!	0,19	0,16	0,17	0,19!	0,18	» » aller V.
	0,29	0,20	0,21	0,20	0,16	0,16	0,18	0,16	Stellungsmittel » V.

Mittelwerte der Anstiegs- und Abfallsbreiten in Sekunden.

Von den ersten Kurven sei vorläufig abgesehen. Bei Berechnung des Abfallslotes ließ sich oben feststellen, daß die Steilheit des Absturzes zwar im Beginn der Reihe wächst, daß jedoch von etwa der X. oder XV. Kurve an der Abstieg wieder gedehnter, flacher wird. Die Mittelzahlen der Abfallsbreite stimmen mit diesem Befunde nun völlig überein, wenn man auch zugeben muß, daß ihre Unterschiede recht klein sind, daß sie sich alle in der Nähe der Zahl 0,16 halten. Indes ist es deutlich, daß die Abfallsbreiten bis zur Kurve X abnehmen, um sich um ein Geringes wieder zu vermehren.

Betrachten wir auch hier die ersten Zuckungen jeder Reihe besonders, so finden wir die Berechtigung hierzu sofort in der Verschiedenheit ihres Verhaltens. In allen 6 Reihen (die 5. ist wohl nur scheinbar ausgenommen), sind die Anstiege der ersten Ziehungen breiter als die der folgenden. Diese anfängliche Abnahme der Anstiegsbreite findet in den 6 Reihen bis zu folgenden Kurvennummern statt (Tabelle V) II, II, II, II, ?, II: die Mittelzahlen ergeben ebenfalls eine Abnahme bis zur Kurve II. A.V. und N.V. scheinen sich hierin also nicht voneinander zu unterscheiden. Eine völlige Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Tabelle III ist bemerkenswert, aus denen eine Vermehrung der Steilheit des Anstieges ebenfalls bis zur Kurve II hervorging. Auch daran sei noch erinnert, daß im Beginne jeder Reihe die Höhe der Kurven noch weiter wachsen kann, ohne daß sich die Anstiegsbreite vermehrt; hatte doch auch die Vergrößerung der Steilheit mit der Höhe nicht gleichen Schritt gehalten.

Im Abfall endlich verhielten sich die Anfangszuckungen verschieden von den übrigen, als wir die Steilheit des Abfalls betrachteten. So wird es uns nicht wundern, daß sie auch in bezug auf die Abfallsbreite eine Sonderstellung einnehmen. Dort sahen wir im Beginne der Reihe ein Plateau oder nur einen äußerst langsamen Abfall; hier sehen wir Größen der Abfallsbreiten, die dementsprechend die übrigen Werte beträchtlich überragen. Die Abstiegsbreite der I. Kurve ist in allen Reihen die längste; das zeigen die einzelnen Reihen und ebenso die Mittelzahlen. A.V. und N.V. unterscheiden sich hier nicht voneinander. Auch hierin finden wir also eine Bestätigung des obigen Satzes, daß die V.P. nie imstande ist, nach der ersten Kontraktion das Gewicht sofort wieder fallen zu lassen.

Überblicken wir noch einmal, in welchem Verhältnis das von dem Gipfel auf die Grundlinie gefällte Lot die Breite der Kurve teilt, so ist erstens festzustellen, daß dieses kein unveränderliches ist. Dann aber müssen wir bekennen, daß wir auch keine Gesetzmäßigkeiten aufdecken konnten, in denen sich dieses Verhältnis ändert. Geben wir etwas abgerundet die Zahlen aus der Reihe 1 wieder, die die Beziehung $\frac{\text{Anstiegsbreite}}{\text{Abfallsbreite}}$ bezeichnen, so ergeben sich folgende Verhältnisse: $\frac{1}{1}, \frac{7}{6}, \frac{19}{10}, \frac{19}{10}, \frac{21}{8}, \frac{6}{2}, \frac{13}{4}, \frac{6}{2}$; die Mittelwerte aller 6 Reihen betragen: $\frac{38}{29}, \frac{18}{11}, \frac{37}{21}, \frac{2}{1}, \frac{21}{8}, \frac{47}{17}, \frac{48}{19}, \frac{17}{6}$.

Daß wir hierin keine genauere Gesetzmäßigkeit entdecken können, als eine starke Verschiebung des Verhältnisses zugunsten der Anstiegsbreite, wird uns nicht wundern, wenn wir erwägen, welche Veränderung des Abfalls nur die kleinste Willensstörung, die geringste Aufmerksamkeitsschwankung herbeiführen kann.

In Tabelle VII seien noch die Flächenwerte der Kurven wiedergegeben. Die Zahlen geben die Flächen in qmm an; diese wurden jedoch durch Reduktion auf eine stets gleichmäßige Geschwindigkeit gewonnen, wie oben angegeben wurde.

Tabelle VII.

	I	II	III	V	X	XV	XX	XXV
Bar. 1. N.V.	919	807	640	640	569	600	568	521
» 2. A.V.	906	655	689	637	720	661	—	583
» 3. N.V.	774	680	648	630	597	630	677	587
» 4. A.V.	890	764	695	665	660	673	851	640
» 5. N.V.	—	—	—	—	—	—	—	—
» 6. A.V.	720	551	632	601	551	591	573	560
Arithmet. Mittel der N.V. 1 u. 3.	846	743	644	635	583	615	—	554
» » » A.V. 2 u. 4.	898	709	692	651	690	667	—	611
» » aller V. (mit Ausnahme von 5)	842	691	661	635	619	631	667!	578
Stellungsmittel aller V.	890	680	648	637	597	630	625!	583

Flächenwerte in qmm (reduziert auf gleichwertige Geschwindigkeit).

In allen 6 Reihen (die 5. konnte nicht mit ausgemessen werden) und also auch in den Mittelzahlen hat die erste Kurve die weitaus größte Fläche; dann findet sich immer ein steiler Absturz, und ein allmähliches Sinken der Werte schließt sich an, das aber in jeder Reihe, meist zwischen X. und XV. Kurve, durch einen kurzen, aber nicht unbeträchtlichen Anstieg unterbrochen wird. Man wird sich erinnern, daß es derselbe Platz in der Reihe war, die Gegend der X. bis XV. Kurve, in der die Dekreszenten wieder flacher zu werden begannen, in der die Abfallsbreite wieder ein wenig wuchs. Das eine ist sicher, daß der Flächeninhalt der Kurven nicht in einfachem Verhältnis abnimmt, wie man von vornherein anzunehmen geneigt sein möchte. Fig. 10 gibt die mittleren Flächenwerte graphisch wieder.

Ein Vergleich der A.V. und N.V. war nur für die vier ersten Reihen statthaft, da die ganze Reihe 5 für die Berechnung ausfiel. In ihnen überwogen die Zahlen der A.V. beträchtlich.

Fassen wir die Ergebnisse sämtlicher Tabellen noch einmal in neuer Gruppierung zusammen, so ergibt sich das Folgende:

Bei freiwilliger, rhythmischer Muskelarbeit am Ergographen mit dem Gewicht von 4 kg und dem Rhythmus von einer Sekunde (Reaktion auf jedes zweite Signal) zeigt die Vp. Bar. in ihrem Verhalten gewisse Regelmäßigkeiten, die sich in folgende Sätze fassen lassen:

Die Einzelhebung des Gewichtes zeichnet sich auf der schnell bewegten Kymographiontrommel in einer gleichmäßigen Kurve. Deren Anstieg ist keine gerade, sondern eine sanft gekrümmte Linie, deren Steilheit zuerst gering ist, dann sehr schnell zunimmt, und vor dem Gipfel wieder geringer wird. Die leichte Krümmung des Gipfels geht in den zuerst flachen, schnell aber steiler werdenden Abfall über, der nie einer gewöhnlichen Fallkurve gleicht. (Plötzliche Unterbrechungen oder Änderungen der Kurve, unvermittelte Abweichungen sind auf Fehler der Apparate oder äußere Störungen zurückzuführen.)

In der fortlaufenden Ziehungsreihe erleidet die Einzelkurve bestimmte Veränderungen, doch muß man die **ersten Ergogramme** jeder Reihe in ihrem Wesen deutlich von den übrigen scheiden. In mancher Hinsicht verhalten sie sich sogar direkt gegensätzlich:

Die Höhe nimmt allmählich (im Mittel nur bis zur II. Kurve) zu; es findet sich eine Treppe.

Die Steilheit des Anstieges nimmt zu (im Mittel bis zur II. Kurve).

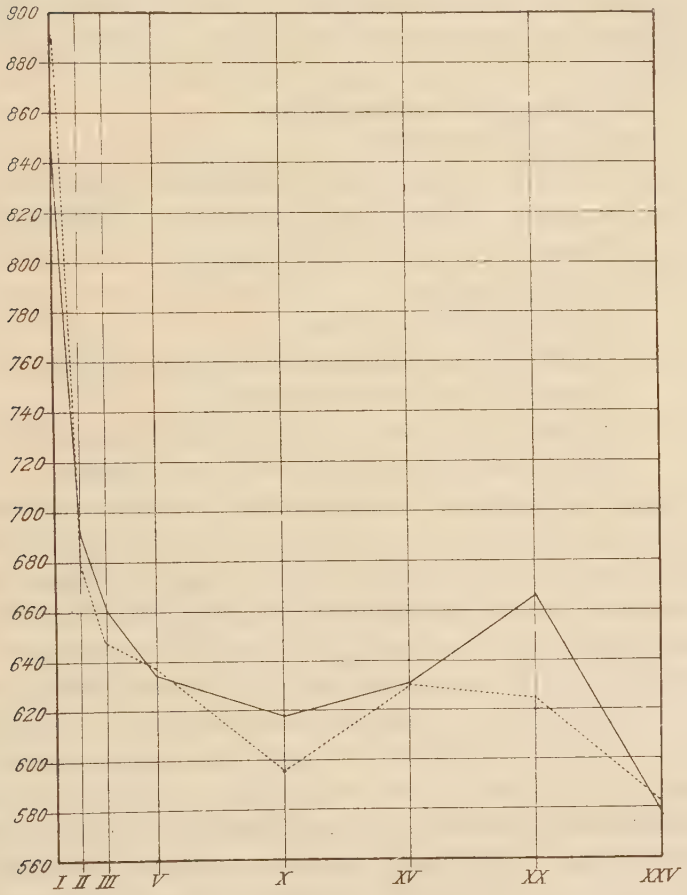

Fig. 10.

Mittlere Flächenwerte der Kurven aller Reihen, entsprechend Tabelle VII. (——— arithmetische Mittelzahlen, ····· Stellungsmittelzahlen)

Die Steilheit des Abfalles ist im Beginn außerordentlich gering, nimmt stets zu.

Die Breite nimmt ab (im Mittel bis zur V. Kurve).

Die Anstiegsbreite nimmt ab (im Mittel bis zur II. Kurve).

Die Abstiegsbreite ist im Beginn groß und nimmt ab.

Der Flächeninhalt ist im Beginn groß, nimmt schnell ab.

An welcher Stelle das eben geschilderte Verhalten in das übrige, allgemeiner gültige übergeht, wurde bei den Tabellen im einzelnen erwähnt; im Mittel scheint schon die II. Kurve die Grenze zu bilden. Von hier ab verändern sich die Ergogramme bis zum Schluß in folgender Weise:

Die Höhe nimmt allmählich ab;

Der Anstieg wird flacher;

Der Abfall wird steiler, die Kurve also spitzer; indessen scheint von der X. bis XV. Kurve an die Steilheit des Absturzes wieder abzunehmen;

Die Breite nimmt zu;

Die Anstiegsbreiten wachsen;

Die Abfallsbreiten nehmen ab bis Kurve X, um sich um ein Geringes wieder zu vermehren;

Der Flächeninhalt nimmt ab; nur in der Gegend der X. bis XV. Kurve findet sich ein erneutes Wachsen.

Die Zahl der Versuche war zu gering, um den möglichen Einfluß der längeren Arbeit, **der Übung,** auf die Gestalt der Kurven zu beobachten. Nur weniges ließ sich feststellen. Die Höhen scheinen, wie das schon häufig bemerkt wurde, im Laufe längerer, mehrtägiger Tätigkeit allmählich zuzunehmen: die in den 25 Ziehungen der 2. Reihe durchschnittlich erreichte Höhe beträgt 35,17 mm, während ihr der Durchschnittswert der 6. Reihe (beide sind A.V.) mit 37,36 mm gegenübersteht. Auch die Steilheit des Anstieges scheint sich im Laufe mehrerer Reihen etwas zu vermehren, doch ist schon dies nicht sicher, und noch weniger läßt sich über die Steilheit des Abfalles etwas Bestimmtes aussagen. Die Breite der Kurven scheint durch die Übung etwas abzunehmen: wenigstens betrugen die Durchschnittswerte aller Kurven der 2. und 6. Reihe (soweit sie gemessen und vergleichbar waren) 0,675 Sekunden gegenüber 0,576 Sekunden. Ob an dieser Verminderung der Anstieg oder Abstieg größeren Anteil hat, ließ sich nicht feststellen. Vergleichen wir die durchschnittlichen Flächenwerte der 2. und 6. Reihe, so erhalten wir die Zahlen 693 und 601; wir würden also zu dem Schluß veranlaßt, daß die Arbeitsleistung durch die Übung abgenommen hat. Hierin würde uns ein Vergleich

der entsprechenden Werte von Reihe 1 und 3 bestärken: 671 und 649 qmm. Ein Vergleich von 2 und 4 ergibt jedoch ein anderes Ergebnis: 693 und 712. Diese Frage bleibt also noch unbeantwortet, aber auch die übrigen eben erwähnten Veränderungen der Kurven im Laufe sechstägiger Arbeit möchten wir nur mit Vorbehalt als Wirkungen der Übung ansehen. Wir dürfen auch nicht außer acht lassen, daß sich zwischen die 4. und 5. Reihe ein arbeitsloser Tag einschob.

Es erübrigt endlich noch, kurz auf die Verschiedenheiten einzugehen, welche die Reihen der Alkoholtage vor den übrigen auszeichnen. Wiederholt wurde schon darauf hingewiesen, daß die Alkoholreihen an 2., 4., 6. Stelle standen und also einen Übungsvorteil voraushatten, falls ein solcher in Frage kam. Die Unterschiede waren folgende:

Die Höhen der Alkoholreihen waren durchweg größer als die der Normaltage.

Die Treppe der A.V. war kürzer (zweistufig), als die der N.V. (fünf Stufen)[1]).

Die A.-Kurven schienen einen etwas flacheren Anstieg zu haben als die N.-Kurven.

Die Breiten der A.V. waren, wenigstens von der VII. Kurve an, durchweg größer als bei den N.V.

Dieser Unterschied ist im wesentlichen in den bei A.V. größeren Werten der Anstiegsbreite begründet.

Die Flächenwerte der A.-V. waren durchweg beträchtlich höher als die der N.V.

Die Vp. Bar. zeigte sich äußerlich durch die gereichten Alkoholgaben [150 ccm Wein] außerordentlich stark beeinflußt. Rötung des Gesichtes trat ein; eine gewisse Unruhe wurde bemerkbar. Bar. selbst klagte über ein nicht allzu angenehmes Gefühl leichter Berauschtheit.

Es dürfte unzulässig erscheinen, diese nur bei einer Vp. erhobenen Befunde zu verallgemeinern, sie als gesetzmäßig erklären, ja womöglich

1) Dies scheint ein Widerspruch mit S. 389 zu sein, denn da 3 Normalversuche eine Treppe von durchschnittlich 5 Stufen, 3 A.V. von durchschnittlich 2 Stufen haben, kann der Gesamtdurchschnitt anscheinend nicht 2 sein. Doch ist dies tatsächlich der Fall, wenn die wirklichen Zahlen berücksichtigt und berechnet werden.

deuten zu wollen. Zuvor kann nur dies die nächste Aufgabe sein, auch bei anderen Vp. nach einem gleichen Verhalten zu suchen. Zu diesem Zwecke erscheint es mir unvermeidbar, das gesamte Material folgen zu lassen, das die Vp. Hi. lieferte. Hi. war ebenso wie Bar. Arzt; beide widmeten sich der Ausführung der Versuche mit großer Gewissenhaftigkeit. Sie hatten dabei von den etwa möglichen Ergebnissen durchaus keine Kenntnis. Hi. war seit Jahren des Alkoholgenusses ungewohnt; er unterschied sich bei den Versuchen von Bar. dadurch, daß er mit 5 kg arbeitete, und daß die ausgerechneten Reihen nicht seine erste Tätigkeit am Ergographen waren (wie dies bei Bar. der Fall war), sondern daß er schon zuvor sieben Tage lang ergographiert hatte. Er lieferte außerdem nur jedesmal 20 Ziehungen. Diese Abweichungen, die des Vergleiches wegen jetzt bedauerlich erscheinen, wurden damals nicht beanstandet, weil noch nicht vorauszusehen war, wo die überaus zahlreichen Versuche hinauslaufen würden. Hi.s Versuche fielen auf folgende Tage: 16.. 18., 20., 22., 23., 25. Februar 1905, stets auf die Mitte des Vormittags. Normalversuche waren die Reihen 8, 9, 10, 12 vom 16., 18., 20., 23. Februar; Alkoholversuche waren die Reihen 11 und 13, vom 22. und 25. Februar, und zwar nahm Hi. nur 100 ccm Wein. Es fehlen bei Hi. die fünften Ordinaten, die des Abfalls. Die Tabellen von Hi. entsprechen den gleichnamigen von Bar.; nur sind sie mit dem Zusatz a bezeichnet. Die Flächenwerte wurden bei Hi. nicht berechnet.

Vergleicht man die Zahlen, welche sämtliche Tabellen von Hi. ergeben, mit den entsprechenden Werten von Bar., so findet man folgende Unterschiede:

Die **Höhen** erreichen, trotzdem Hi. mit 5 kg arbeitete, absolut bedeutend höhere Werte, wie besonders die Fig. 8 beweist. Ihr Abfall zeigt eine ähnliche Form wie bei Bar. Die Mittelwerte nehmen von der ersten Kurve an ab; von den einzelnen Reihen zeigen indessen die Nummern 10, 11, 12 eine Treppe, die stets nur zweistufig ist. Hierin unterscheiden sich die A.V. nicht von den N.V., wohl aber in den Mittelzahlen ihrer Höhen. Um Werte zu gewinnen, die möglichst vergleichbar wären, wurden nur die 4 letzten Reihen einander gegenübergestellt, und zwar die 2 NV. 10 u. 12 den 2 A.V. 11 u. 13. Übereinstimmend mit dem Befunde bei Bar. er-

Tabelle Ia.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Hi. 8. N.V.	47,8	45,0	43,4	42,9	42,6	42,9	43,6	43,1	42,0	43,4
Hi. 9. N.V.	48,8	48,2	45,8	45,2	41,9	41,6	44,0	46,3	39,6	40,9
Hi. 10. N.V.	48,3	49,0	47,7	47,2	47,2	46,6	47,0	46,7	46,2	45,8
Hi. 11. A.V.	49,5	49,8	49,1	48,3	48,0	47,4	46,5	46,8	46,6	45,9
Hi. 12. N.V.	44,9	46,1	45,6	45,2	45,1	44,9	43,0	43,5	43,5	43,3
Hi. 13. A.V.	47,2	46,5	47,5	47,9	48,7	47,0	46,6	47,1	46,0	45,3
Arithm. Mittel der N.V. 10 u. 12	46,6	47,5	46,6	46,2	46,1	45,7	45,0	45,1	44,8	44,5
» » » A.V. 11 u. 13	48,3	48,1	48,3	48,1	48,3	47,2	46,55	46,95	46,3	45,6
» » aller V.	47,7	47,4	46,5	46,1	45,6	45,1	45,1	45,6	44,0	44,1
Stellungsmittel » V.	48,05	47,3	46,65	46,2	46,1	45,7	45,2	46,5	44,75	44,35
Arithm. Mittel der ersten 3 V.	48,3	47,4	45,6	45,1	43,9	43,7	44,9	45,4	42,6	43,4
» » » letzten 3 V.	47,2	47,5	47,4	47,1	47,3	46,4	45,4	45,8	45,1	44,8

	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Hi. 8. N.V.	43,6	44,1	44,7	43,8	43,9	44,2	42,6	43,9	43,9	—
Hi. 9. N.V.	40,8	40,7	41,2	40,7	41,0	41,5	41,4	39,1	39,6	41,1
Hi. 10. N.V.	45,9	45,1	44,0	43,6	43,0	42,9	42,8	43,1	42,1	41,8
Hi. 11. A.V.	45,2	45,1	45,3	44,7	44,0	43,9	43,3	42,5	42,1	41,7
Hi. 12. N.V.	42,0	41,9	41,5	40,9	40,9	40,0	39,4	40,2	40,0	39,7
Hi. 13. A.V.	46,0	45,2	45,3	43,8	42,4	41,6	42,6	41,6	38,4	—
Arithm. Mittel der N.V. 10 u. 12	43,9	43,5	42,75	42,25	41,95	41,45	41,1	41,6	41,05	40,75
» » » A.V. 11 u. 13	45,6	45,15	45,3	44,25	43,2	42,7	42,95	42,05	40,25	—
» » aller V.	43,9	43,7	43,7	42,9	42,5	42,3	42,0	41,7	41,0	—
Stellungsmittel » V.	44,4	44,6	44,35	43,7	42,7	42,25	42,6	42,05	41,05	—
Arithm. Mittel der ersten 3 V.	43,4	43,3	43,3	42,7	42,6	42,9	42,3	42,0	41,9	—
» » » letzten 3 V.	44,4	44,1	44,0	43,1	42,4	41,8	41,8	41,4	40,2	—

Höhen sämtlicher Kurven von Hi. (in mm) und ihre Mittelwerte.

gaben sich für die A.V. durchweg höhere Höhenzahlen (nur Nr. XIX bildete die einzige Ausnahme). Hieran trugen die geringen Höhen schuld, die Hi. (ohne ersichtlichen Grund) in der Reihe 12 erreicht hatte; das Versuchstagebuch bemerkte für diesen Tag nicht die geringste Störung. Indessen auch die N.-Reihe 10 hielt sich niedriger als die A.V. Daß die Erhöhung der A.-Kurven durch die bessere Übung bedingt sei, wie es bei Bar. nicht ausgeschlossen erschien,

wird für Hi. schon beträchtlich unwahrscheinlicher, da den verwerteten und berechneten Reihen schon 9 Übungstage vorangingen.

Für die folgenden Tabellen wurden sämtliche Kurven ausgerechnet, jedoch nicht ausnahmslos ihre Werte hierhergesetzt, um Raum zu sparen.

Die Zahlen sind ebenfalls stets beträchtlich höher als bei Bar.; die Kurven Hi.s zeigen also einen bedeutend steileren Anstieg; ihr Verhalten an sich ist jedoch das gleiche, wie es bei Bar. oben geschildert wurde.

Die ersten Kurven jeder Reihe unterscheiden sich nicht so gleichmäßig von den übrigen wie bei Bar. Dort nahmen sie an Steilheit regelmäßig zu; hier wächst die Steilheit des Anstiegs bei der

8.	Reihe in der 1., 2., 3. Zehntelsek. bis zu d. Nummern	?, ?, VI.
9.	» » » » » » » » » » »	II, —, —.
10.	» » » » » » » » » » »	—, III, IV.
11.	» » » » » » » » » » »	—, II, III.
12.	» » » » » » » » » » »	V, III, —.
13.	» » » » » » » » » » »	—, IV, V.

Indessen auch hier gilt der Satz, daß keine einzige der Reihen den steilsten Anstieg in der I. Kurve hat. Denn wenn auch in den Serien 10., 11., 13. das erste Ergogramm innerhalb der ersten 0,1 Sekunde den steilsten Anstieg zeigt, so steht es in den folgenden Zeitabschnitten den nächsten Kurven an Steilheit doch nach. Auch bei Hi. läßt sich keine Beziehung zwischen der Treppe und den Veränderungen der Steilheit auffinden. Dadurch, daß Hi.s Kurven bedeutend steiler sind als Bar.s, sind auch die Anstiegsbreiten beträchtlich kleiner, wie Tab. Va u. VIa zeigen werden. Hierdurch geschieht es, daß das 3. gemessene Lot (nach 0,3 Sek.) dem Gipfel viel näher rückt, ja zuweilen (Hi. 8. II bis VI usw.) mit dem Gipfellot zusammenfällt, einmal (Hi. 8. VIII) es sogar überholt. Die weniger steile Strecke, die dem Gipfel kurz vorausgeht, fällt also hier häufig noch zwischen die 2. und 3. Ordinate, so daß bei Hi. die 3. Ordinate gleichsam vor der 2. benachteiligt ist und nicht immer der dritten 0,1 Sekunde zu den absolut größten Höhenzunahmen verhilft, was bei Bar. die Regel war. In Tab. IIIa weist z. B. die Höhenzunahme bei Hi. 8 während der 3. Zehntelsek. bis zur XIV. Kurve durchweg niedrigere Zahlen auf als während der zweiten, ein Verhalten, welches bei Bar.

niemals vorkam. Von den höheren Kurvennummern an überwiegt dann auch bei Hi. die Zunahme während der 3. Zehntelsekunde beträchtlich. Es ist offenbar, daß dieser Unterschied keine Wesensverschiedenheit des Kontraktionsvorganges beider Vp. bedeutet, sondern nur einen erneuten Ausdruck der bei Hi. größeren Steilheit darstellt. Die Mittelzahlen der Höhenzunahme zeigen eine Zunahme der Steilheit während der ersten Kurven jeder Reihe nur für die zweite und dritte Zehntelsekunde, und zwar bis zu den Nummern III und IV. Die A.V. scheinen nicht wie bei Bar. einen flacheren, sondern eher einen steileren Anstieg zu haben, doch sind die Unterschiede durchaus keine sicheren.

Die Kurvenbreiten nehmen wie bei Bar. zu, sind jedoch an sich bedeutend kleiner als dort; ihre Zahlen lassen sich denen von Bar. deshalb nicht ohne weiteres vergleichen, weil, wie erwähnt, Hi. nur 20, Bar. 25 Ziehungen lieferte. Die Verminderung der Breite in den ersten Kurven hält bei Hi. in den 6 Reihen bis zur II., III., IV., II., VII., —. Kurve vor, in den Mittelwerten bis zur V. Kurve (letzteres genau wie bei Bar.). Die A.V. zeigen im allgemeinen, doch nicht immer, niedrigere Breitenzahlen als die N.V. (im Gegensatz zu Bar.). Die Mittelwerte der Breiten sind auf der Fig. 9 eingezeichnet.

Wie bei Bar. wachsen die Anstiegsbreiten in den einzelnen Reihen und in den Mittelzahlen; die Abfallsbreiten indessen zeigen ein anderes Verhalten wie dort bei Bar. Hier finden sich die kleinsten Werte der Abstiegsabszissen nicht in der Gegend der X. Kurve, sondern die Zahlen zeigen einen ziemlich unregelmäßigen Verlauf, zum Schluß hingegen ein deutliches Wachstum. Im Beginne der 6 Reihen nehmen die Anstiegsbreiten bis zu folgenden Nummern ab: VIII, III, —, II, XV?, —; in den Mittelzahlen bis zur II. Kurve (wie bei Bar.). Es kann bei Hi. keine Rede davon sein, daß die Abstiegsbreite der ersten Kurve die längste zu sein pflegt; vielmehr hat er sogar im Beginn der Reihe zuweilen die niedersten Werte (Hi. 13. I.).

Da die Flächenwerte der Kurven Hi.s nicht vorliegen, bleibt uns nur noch übrig, zu prüfen, ob ein Einfluß der Übung in dem Arbeiten Hi.s zutage trat. Zu dem Zwecke wurden die arithmetischen Mittel der Höhen und Breiten der ersten 3 V.-Reihen mit denen der

Tabelle

		Nummern					
		I	II	III	IV	V	VI
Hi. 8. N.V.	1. Ordinate	—	7,5	7,0	—	7,0	5,9
	2. »	25,7	27,6	26,8	26,1	26,1	24,7
	3. »	—	45,0	43,4	—	42,6	42,9
	Höhe	47,8	45,0	43,4	42,9	42,6	42,9
Hi. 9. N.V.	1. Ordinate	7,4	8,6	7,7	6,4	6,2	5,6
	2. »	28,5	28,1	27,0	25,1	25,0	21,5
	3. »	48,1	47,1	45,8	44,2	41,9	40,0
	Höhe	48,8	48,2	45,8	45,2	41,9	41,6
Hi. 10. N.V.	1. Ordinate	7,3	7,1	6,6	5,6	6,1	5,9
	2.	27,3	27,1	29,8	21,6	23,1	22,0
	3. »	47,5	47,5	46,0	43,0	44,0	41,9
	Höhe	48,3	49,0	47,7	47,2	47,2	46,6
Hi. 11. A.V.	1. Ordinate	9,1	7,7	4,7	6,4	5,6	5,9
	2. »	30,4	31,9	25,3	27,1	26,5	25,7
	3. »	49,1	49,8	47,2	47,6	47,5	46,4
	Höhe	49,5	49,8	49,1	48,3	48,0	47,4
Hi. 12. N.V.	1. Ordinate	4,2	6,1	6,3	6,3	7,7	5,9
	2. »	15,4	20,9	22,1	21,4	23,1	20,0
	3. »	33,8	38,8	40,2	39,6	40,6	38,2
	Höhe	44,9	46,1	45,6	45,2	45,1	44,9
Hi. 13. A.V.	1. Ordinate	8,0	5,8	7,6	6,3	6,4	6,2
	2. »	24,6	21,8	24,6	23,4	23,5	23,2
	3. »	43,2	41,8	44,5	43,0	44,1	43,3
	Höhe	47,2	46,5	47,5	47,9	48,7	47,0

Ordinatenhöhen

1. Ordinate
2. »
3. »

II a.

der Einzelkurven

VIII	X	XII	XIV	XV	XVII	XVIII	XIX	XX
9,1	—	8,3	8,1	6,0	4,7	6,0	—	—
28,7	23.3	25,5	24,1	21,9	17,1	19,6	19,9	—
—	—	41,5	40,0	38,4	33,0	34,9	—	—
43.1	43,4	44,1	43,8	43,9	42,6	43,9	43,9	—
5,9	5,9	5,8	5,9	6,6	5,6	5,5	5,5	5,3
21,6	22,1	20,7	20,9	19,0	19,4	19,8	19,0	19,2
40,5	40,5	39,1	39,1	36,5	37,1	36,3	34,8	35,5
46,3	40,9	40,7	40,7	41,0	41,4	39,1	39,6	41,1
5,8	5,3	5,7	5,6	5,0	5,4	5,1	5,5	5,0
22,2	21,4	22,1	17,9	19,5	20,8	18,4	20,0	17,7
42,9	42,1	41,8	36,4	37,1	37,9	35,8	36,8	33,8
46,7	45,8	45,1	43,6	43,0	42,8	43,1	42,1	41,8
6,1	4,5	7,1	6,9	3,8	6,8	6,4	5,0	5,3
27,7	17,8	27,3	24,3	18,2	20,9	21,0	17,0	17,5
46,1	38,5	44,3	41,1	36,7	38,9	36,2	33,5	33,0
46,8	45,9	45,1	44,7	44,0	43,3	42,5	42,1	41,7
5,9	5,5	5,4	4,7	5,0	5,2	5,0	4,9	?
20,0	19,3	18,9	17,0	18,9	18,4	17,6	17,2	?
36,5	35,9	36,0	32,3	35,9	33,8	32,1	31,5	?
43,5	43,3	41,9	40,9	40,9	39,4	40,2	40,0	39,7
6,3	7,5	5,9	6,6	5,6	4,8	5,8	?	—
21,9	23,2	20,0	23,0	19,1	17,8	18,7	?	—
41,2	40,8	38,1	40,5	35,8	34,6	34,8	?	—
47,1	45,3	45,2	43,8	42,4	42,6	41,6	38,4	—

in mm.

0,1 Sek. nach Beginn.
0,2 » » »
0,3 » » »

Tabelle

	I	II	III	IV	V	VI	VIII	X
Höhenzunahme während der ersten 0,1 Sek. (1. Ordinate)	?	7,5	7,0	?	7,0	5,9	9,1	?
	7,4	8,6	7,7	6,4	6,2	5,6	5,9	5,9
	7,3	7,1	6,6	5,6	6,1	5,9	5,8	5,3
	9,1	7,7	4,7	6,4	5,6	5,9	6,1	4,5
	4,2	6,1	6,3	6,3	7,7	5,9	5,9	5,5
	8,0	5,8	7,6	6,3	6,4	6,2	6,3	7,5
während der zweiten 0,1 Sek. (2. Ordinate)	?	20,1	19,8	?	19,1	18,8	19.6	?
	21,1	19.5	19,3	18,7	18,8	15,9	15,7	16,2
	20,0	20,0	23,2	16,0	17,0	16,1	16.4	16,1
	21,3	24,2	20,6	20,7	20,9	19,8	21,6	13,3
	11,2	14,8	15,8	15,1	15,4	14,1	14.1	13,8
	16,6	16,0	17,0	17,1	17,1	17,0	15,6	15,7
während der dritten 0,1 Sek. (3. Ordinate)	?	17,4	16,6	?	16,5	18,2	14,4	?
	19,6	19,0	18,8	19,1	16,9	18,5	18,9	18,4
	20,2	20,4	16,2	21,4	20,9	19,9	20,7	20,7
	18,7	17,9	21,9	20,5	21,0	20,7	18,4	20,7
	18,4	17,9	18,1	18,2	17,5	18,2	16,5	16,6
	18,6	20,0	19,9	19,6	20,6	20,1	19,3	17,6
Mittelwerte der Höhenzunahme während der ersten 0,1 Sek. (1. Ordinate)	5,7	6,6	6,4	5,9	6,9	5,9	5,8	5,4
	8.5	6,7	6,1	6,3	6,0	6,0	6,2	6,0
	7,2	7,1	6,6	6,2	6,5	5,9	6,5	5,7
	7,4	7,3	6,8	6,3	6,3	5,9	6,0	5,5
während der zweiten 0,1 Sek. (2. Ordinate)	15.6	17,4	19,5	15.5	16,2	15,1	15,2	14,9
	18,9	20,1	18,8	18,9	19,0	18,4	18.6	14,5
	18,0	19,1	19,3	17,5	18,0	16,9	17,2	15,0
	20,0	19,7	19,5	17,1	17,9	16,5	16,0	15,7
während der dritten 0,1 Sek. (3. Ordinate)	19,3	19,1	17,1	19,8	19,2	19.0	18,6	18,6
	18,6	18,9	20,9	20,0	20 8	20,4	18,8	19,1
	19 1	18.8	18,6	19,8	18.9	19,3	18,0	18,8
	18,7	18,4	18,4	19,6	19,0	19,2	18,6	18,4

III a.

XII	XIV	XV	XVII	XVIII	XIX	XX	
8,3	8,1	6,0	4,7	6,0	?	—	Hi. 8.
5,8	5,9	6,6	5,6	5,5	5,5	5,3	Hi. 9.
5,7	5,6	5,0	5,4	5,1	5,5	5,0	H. 10.
7,1	6,9	3,8	6,8	6,4	5,0	5,3	Hi. 11. A.V.
5,4	4,7	5,0	5,2	5,0	4,9	?	Hi. 12.
5,9	6,6	5,6	4,8	5,8	?	—	Hi. 13. A.V.
17,2	16,0	15,9	12,4	13,6	?	—	Hi. 8.
14,9	15,0	12,4	13,8	14,3	13,5	13,9	Hi. 9.
16,4	12,3	14,5	15,4	13,3	14,5	12,7	Hi. 10.
20,2	17,4	14,4	14,1	14,6	12,0	12,2	Hi. 11. A.V.
13,5	12,3	13,9	13,2	12,6	12,3	?	Hi. 12.
14,1	16,4	13,5	13,0	12,9	?	—	Hi. 13. A.V.
16,0	15,9	16,5	15,9	15,3	?	—	Hi. 8.
18,4	18,2	17,5	17,7	16,5	15,8	16,3	Hi. 9.
19,7	18,5	17,6	17,1	17,4	16,8	16,1	Hi. 10.
17,0	16,8	18,5	18,0	15,2	16,5	15,5	Hi. 11. A.V.
17,1	15,3	17,0	15,4	14,5	14,3	?	Hi. 12.
18,1	17,5	16,7	16,8	16,1	?	—	Hi. 13. A.V.
5,5	5,1	5,0	5,3	5,0	5,2	?	Arithm. Mittel d. N.V. 10 u. 12
6,5	6,7	4,7	5,8	6,1	?	?	» » » A.V. 11, 13
6,4	6,3	5,3	5,4	5,6	5,2!	?	» » aller V.
5,8	6,2	5,3	5,3	5,6	5,2	?	Stellungsmittel » V.
14,9	12,3	14,2	14,3	12,9	13,4	?	Arithm. Mittel d. N.V. 10, 12
17,1	16,9	13,9	13,5	13,7	?	?	» » » A.V. 11, 13
16,0	14,9	14,1	13,6	13,5	13,1!	?	» » aller V.
15,6	15,5	14,1	13,5	13,4	12,9	?	Stellungsmittel » V.
18,4	16,9	17,3	16,2	15,9	15,5	?	Arithm. Mittel d. N.V. 10, 12
17,5	17,1	17,6	17,4	15,6	?	?	» » A.V. 11, 13
17,7	17,0	17,3	16,8	15,8	15,8!	?	» » aller V.
17,6	17,1	17,2	16,9	15,7	16,1	?	Stellungsmittel » V.

Tabelle IVa.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Hi. 8. N.V.	0,48	0,44	0,44	0,46	0,46	0,48	0,46	0,46	0,44	0,52
» 9. N.V.	0,50	0,52	0,46	0,48	0,46	0,50	0,52	0,54	0,50	0,52
» 10. N.V.	0,54	0,56	0,54	0,52	0,54	0,56	0,60	0,60	0,62	0,56
» 11. A.V.	0,56	0,48	0,60	0,56	0,50	0,50	0,52	0,54	0,54	0,58
» 12. N.V.	0,60	0,56	0,56	0,56	0,54	0,56	0,50	0,52	0,50	0,54
» 13. A.V.	0,46	0,52	0,58	0,52	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,52
Arithm. Mittel der N.V. 10 u. 12	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,56	0,55	0,56	0,56	0,55
» » » A.V. 11 u. 13	0,51	0,50	0,59	0,54	0,51	0,51	0,52	0,54	0,54	0,55
» » aller V.	0,52	0,51	0,53	0,52	0,50	0,52	0,52	0,53	0,52	0,54
Stellungsmittel » V.	0,52	0,52	0,55	0,52	0,51	0,51	0,52	0,54	0,52	0,53
Arithm. Mittel der ersten 3 V.	0,51	0,51	0,48	0,49	0,49	0,51	0,53	0,53	0,52	0,53
» » » letzten 3 V.	0,54	0,52	0,58	0,55	0,52	0,53	0,51	0,53	0,53	0,55

	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Hi. 8. N.V.	0,50	0,52	0,56	0,54	0,56	0,58	0,58	0,62	0,64	—
» 9. N.V.	0,52	0,50	0,50	0,58	0,58	0,60	0,60	0,56	0,56	0,64
» 10. N.V.	0,64	0,58	0,58	0,60	0,54	0,54	0,64	0,68	0,62	0,64
» 11. A.V.	0,54	0,58	0,58	0,60	0,62	0,60	0,58	0,62	0,56	0,80
» 12. N.V.	0,50	0,52	0,52	0,54	0,50	0,56	0,52	0,60	0,62	—
» 13. A.V.	0,50	0,56	0,54	0,52	0,52	0,50	0,56	0,54	—	—
Arithm. Mittel der N.V. 10 u. 12	0,57	0,55	0,55	0,57	0,52	0,55	0,58	0,64	0,62	?
» » » A.V. 11 u. 13	0,52	0,57	0,56	0,56	0,57	0,55	0,57	0,58	?	?
» » aller V.	0,53	0,54	0,54	0,56	0,55	0,56	0,58	0,60	0,60!	?
Stellungsmittel » V.	0,51	0,54	0,55	0,56	0,55	0,57	0,58	0,61	0,62	0,64
Arithm. Mittel der ersten 3 V.	0,55	0,53	0,55	0,57	0,56	0,57	0,61	0,62	0,61	0,64!
» » » letzten 3 V.	0,51	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,59	0,59!	?

Breiten sämtlicher Kurven von Hi. (in Sekunden) und ihre Mittelwerte.

Tabelle V a.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	Anstiegsbreiten	0,34	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,32	0,28	0,30	0,32
Hi. 8. N.V.	Abstiegsbreiten	0,14	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18	0,14	0,18	0,14	0,20
	Gesamtbreiten	0,48	0,44	0,44	0,46	0,46	0,48	0,46	0,46	0,44	0,52
	Anstiegsbreiten	0,32	0,32	0,30	0,32	0,30	0,32	0,38	0,36	0,30	0,32
Hi. 9. N.V.	Abstiegsbreiten	0,18	0,20	0,16	0,16	0,16	0,18	0,14	0,18	0,20	0,20
	Gesamtbreiten	0,50	0,52	0,46	0,48	0,46	0,50	0,52	0,54	0,50	0,52
	Anstiegsbreiten	0,32	0,34	0,32	0,34	0,34	0,36	0,34	0,34	0,34	0,34
Hi. 10. N.V.	Abstiegsbreiten	0,22	0,22	0,22	0,18	0,20	0,20	0,26	0,26	0,28	0,22
	Gesamtbreiten	0,54	0,56	0,54	0,52	0,54	0,56	0,60	0,60	0,62	0,56
	Anstiegsbreiten	0,32	0,30	0,34	0,32	0,32	0,32	0,34	0,32	0,32	0,40
Hi. 11. A.V.	Abstiegsbreiten	0,24	0,18	0,26	0,24	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22	0,18
	Gesamtbreiten	0,56	0,48	0,60	0,56	0,50	0,50	0,52	0,54	0,54	0,58
	Anstiegsbreiten	0,42	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,38	0,38	0,38
Hi. 12. N.V.	Abstiegsbreiten	0,18	0,18	0,20	0,20	0,18	0,20	0,12	0,14	0,12	0,16
	Gesamtbreiten	0,60	0,56	0,56	0,56	0,54	0,56	0,50	0,52	0,50	0,54
	Anstiegsbreiten	0,34	0,34	0,34	0,36	0,34	0,34	0,34	0,36	0,36	0,36
Hi. 13. A.V.	Abstiegsbreiten	0,12	0,18	0,24	0,16	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,16
	Gesamtbreiten	0,46	0,52	0,58	0,52	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,52

		XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
	Anstiegsbreiten	0,34	0,36	0,38	0,36	0,38	0,38	0,40	0,40	0,40	—
Hi. 8. N.V.	Abstiegsbreiten	0,16	0,16	0,18	0,18	0,18	0,20	0,18	0,22	0,24	—
	Gesamtbreiten	0,50	0,52	0,56	0,54	0,56	0,58	0,58	0,62	0,64	—
	Anstiegsbreiten	0,34	0,32	0,30	0,34	0,36	0,34	0,34	0,34	0,36	0,36
Hi. 9. N.V.	Abstiegsbreiten	0,18	0,18	0,20	0,24	0,22	0,26	0,26	0,22	0,20	0,28
	Gesamtbreiten	0,52	0,50	0,50	0,58	0,58	0,60	0,60	0,56	0,56	0,64
	Anstiegsbreiten	0,38	0,34	0,34	0,40	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38
Hi. 10. N.V.	Abstiegsbreiten	0,26	0,24	0,24	0,20	0,18	0,18	0,28	0,30	0,26	0,26
	Gesamtbreiten	0,64	0,58	0,58	0,60	0,54	0,54	0,64	0,68	0,62	0,64
	Anstiegsbreiten	0,34	0,32	0,30	0,36	0,40	0,36	0,36	0,38	0,40	0,40
Hi. 11. A.V.	Abstiegsbreiten	0,20	0,26	0,28	0,24	0,22	0,24	0,22	0,24	0,16	0,40
	Gesamtbreiten	0,54	0,58	0,58	0,60	0,62	0,60	0,58	0,62	0,56	0,80
	Anstiegsbreiten	0,36	0,36	0,36	0,38	0,34	0,38	0,36	0,38	0,38	—
Hi. 12. N.V.	Abstiegsbreiten	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,18	0,16	0,22	0,24	—
	Gesamtbreiten	0,50	0,52	0,52	0,54	0,50	0,56	0,52	0,60	0,62	—
	Anstiegsbreiten	0,36	0,38	0,36	0,36	0,38	0,34	0,38	0,38	—	—
Hi. 13. A.V.	Abstiegsbreiten	0,14	0,18	0,18	0,16	0,14	0,16	0,18	0,16	—	—
	Gesamtbreiten	0,50	0,56	0,54	0,52	0,52	0,50	0,56	0,54	—	—

Anstiegs-, Abstiegs- und Gesamtbreiten in Sekunden ausgerechnet.

Tabelle

	I	II	III	IV	V	VI	VIII	X
	0,37	0,36	0,34	0,35	0,35	0.36	0,36	0,36
Mittelwerte der	0,33	0,32	0,34	0,34	0,33	0,33	0,34	0,38
Anstiegsbreiten	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,35
	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,35	0,35
	0,20	0,20	0,21	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19
Mittelwerte der	0,18	0,18	0,25	0,20	0,18	0,18	0.20	0,17
Abstiegsbreiten	0,18	0,18	0,20	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19
	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19

Mittelwerte der Anstiegs- und

letzten 3 verglichen. Sie unterscheiden sich deutlich, doch nicht regelmäßig voneinander: wie die Tabellen Ia u. IVa ergeben, scheint nämlich die Übung bis zur XIV. Kurve vermehrend, von da ab vermindernd gewirkt zu haben. Man muß sich jedoch hierbei erinnern, daß von den 3 letzten Reihen zwei A.V. waren, und daß vor den 2., den 3., den 4., den 6. Versuch ein arbeitsloser Tag fiel.

Bisher wurde ohne den Versuch bestimmter Deutungen lediglich das Material der Versuche mitgeteilt. Nun sei folgende Zusammenstellung gestattet:

Beide Vp. waren vor die Aufgabe gestellt, ein Gewicht so hoch als möglich zu heben und dann einfach fallen zu lassen und diese Bewegung auf jedes zweite Metronomzeichen hin 20- (bzw. 25)mal vorzunehmen. Beide zeigten in der Erledigung dieser Aufgabe bemerkenswerte Unterschiede, jedoch auch weitgehende Übereinstimmung. Verhältnismäßig geringes Interesse birgt ihre Verschiedenheit in den Leistungen, wie sie sich in den absoluten Zahlen der Höhe, der Steilheit des Anstiegs, der Kurvenbreite darbietet. Danach führte Hi. seine Bewegungen bedeutend rascher aus und erhob das Gewicht zu größeren Höhen als Bar., obwohl es 1 kg schwerer war. Seine Ergebnisse entsprachen seiner ganzen Person: er war kräftig, muskulös, in seinem Wesen lebhaft, fast hastig, während Bar. sehr viel langsamer, abwägender, vorsichtiger war und eine etwas

VIa.

XII	XIV	XV	XVII	XVIII	XIX	XX	
0,35	0,39	0,35	0,36	0,38	0,37	?	Arithm. Mittel der N.V. 10 u. 12
0,35	0,36	0,39	0,37	0,38	?	?	» » » A.V. 11 u. 13
0,35	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	?	» » aller V.
0,35	0,36	0,37	0,36	0,38	0,38	?	Stellungsmittel » V.
0,20	0,18	0,17	0,22	0,26	0,25	?	Arithm. Mittel der N.V. 10 u. 12
0,22	0,20	0,18	0,20	0,20	?	?	» » » A.V. 11 u. 13
0,20	0,20	0,18	0,21	0,23	0,22	?	» » aller V.
0,18	0,19	0,18	0,30	0,22	0,24	?	Stellungsmittel » V.

Abfallsbreiten in Sekunden.

schwächliche Konstitution zeigte. Hi.s Leistungen waren also bedeutend höher; er scheint sich nahe den überhaupt erreichbaren Höhen

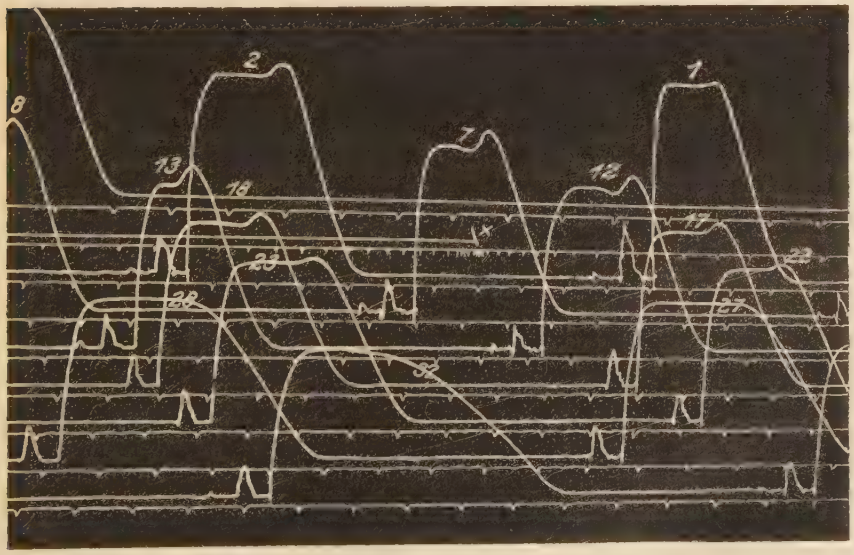

Fig. 11.

Teil von Hi. 1 vom 6. 2. 05. 5 kg. 2-Sek.-Rhythmus.

befunden zu haben, da in den 7 Versuchstagen, welche den hier verwerteten Versuchsreihen vorausgingen, wiederholt Anschlagszuckungen beobachtet wurden (vgl. Kurve 1 u. 2 auf Fig. 11).

Ob damit schon seine Maximalarbeit erreicht war, ob er nicht vielleicht mit einem noch schwereren Gewicht die gleichen Höhen erreicht hätte, wäre nur durch neue Versuche zu entscheiden. Die Steilheit seines Anstiegs spricht dafür. Er schleuderte das Gewicht mehr hoch, als daß er es hob, und gerade die Nummern II, VII, XII, XIII, XVII, XVIII, XXII auf Fig. 11 beweisen das sehr klar durch die auf das Plateau vorn aufgesetzte Überhöhung, Schleuderung[1]. Bar. reagierte langsamer, bedächtiger; für seine Kräfte war schon das 4 kg-Gewicht ansehnlich; seine Höhen sind daher geringer; sein Anstieg ist wesentlich flacher; seine Breiten aber sind trotz der geringeren Höhen beträchtlicher.

Schon wiederholt ist es bei der Ausführung geistiger wie körperlicher Arbeit den Forschern aufgefallen, daß in ihrem Beginne geringere Werte erreicht wurden, als späterhin. Aber auch bei elektrischer Reizung isolierter Muskeln fand sich, wie oben ausführlich dargelegt wurde, dies Phänomen. Dort wie auch bei den bisher üblichen Ermüdungskurven äußerte sich das Abweichen von den folgenden Resultaten fast nur in den Höhenwerten; mir wurde wenigstens keine Arbeit bekannt, die auf andere Momente Rücksicht genommen hätte. Nur das Phänomen der Treppe wurde viel besprochen, sobald man sich mit körperlicher Arbeit beschäftigte; das Anwachsen der Leistungen im Beginn wurde hervorgehoben, sobald von geistiger Arbeit die Rede war. Es wurde vermutet, daß ein Teil des Leistungsfortschritts auf die »Überwindung der psychophysischen Trägheit zurückzuführen« sei, daß nach dem »Aufhören der Tätigkeit noch eine kurze Zeit hindurch die innere Erregung zurückbleibe«, die »zunächst den Wiederbeginn der Arbeit erleichtert«. Es müsse also eine arbeitfördernde Ursache geben, so schlossen Amberg und Kraepelin (81 d. S. 26), die als »Anregung« bezeichnet und mit der Trägheit der Massen verglichen wurde, »welche den Anfang wie die Beendigung einer Bewegung erschwert«. Obwohl es nun sicher interessant ist, beide Verhaltungsweisen, die gewiß viel vergleichbar scheinendes zeigen, zu vergleichen, darf man nicht außer acht lassen, auch die verschiedenen, trennenden Momente zu wägen. Da keine

1) Man vergleiche damit die Figur 6 und das dort Gesagte.

Entscheidung darüber möglich ist, ob bei der Forschung nach der Ursache des Anregungsphänomens bei der geistigen und der Treppe bei der muskulären Arbeit wirklich das gleiche Moment mitspielt, dürfte es sich empfehlen, sowohl den Gesichtspunkt des Trennenden als des Gemeinsamen zu verfolgen.

Die vorliegende Untersuchung hat erwiesen, daß die frühere Meinung, die muskulären Leistungen nähmen im Beginn jeder Ermüdungsreihe zu, nur zutrifft, solange man lediglich gewisse Qualitäten der Arbeitsleistung, wie Hubhöhe, Hubgeschwindigkeit usw. im Auge hat. Sobald man die wirklich geleistete Arbeit an dem Flächenwerte mißt, stellt sich heraus, daß die Werte von Anfang an abnehmen. Die Frage ist unbeantwortet, ob bei der geistigen Arbeit vielleicht ebenfalls nur im Hinblick auf die gestellte Aufgabe (bez. den Effekt in gewisser Hinsicht) eine anfängliche Zunahme statt hat. Vielleicht liegt hier wie dort nur die Tatsache vor, daß die wirklich geleistete **Arbeit** zwar von vornherein **ab**nimmt, daß sie sich aber nicht sogleich im Beginn der Tätigkeit auf das gesteckte Ziel (Hubhöhe, Additionszahl) gleichsam konzentrieren kann, sondern sich in Nebenumständen, Nebenarbeiten gleichsam verzettelt. Erst nach einiger Zeit gelänge es, die gesamte aufgewendete Energie auch wirklich dem gesteckten Ziel sozusagen zugute kommen zu lassen.

Sicher ist eigentlich nur das eine, daß bei körperlicher und geistiger Arbeit die Ergebnisse sich im Beginn von den folgenden unterscheiden. In welcher Weise dies bei freiwilliger, rhythmischer Muskelarbeit der Fall ist, dafür lieferten unsere Untersuchungen einige Beiträge. Wenn es wahr ist — und es scheint ziemlich sicher zu sein —, daß diese Verschiedenheiten auf einer gewissen Trägheit der Werkzeuge[1]) begründet sind, auf der Schwierigkeit, die einzelnen Teile in Gang zu bringen, aus deren Zusammenarbeit das schließliche Ergebnis hervorgeht —, so haben wir einen Hinweis, uns die Verschiedenheit zu erklären, die beide Vp. in dieser Hinsicht zeigten. Das (kurz gesagt) Anfangsverhalten war bei Bar. viel ausgesprochener als bei Hi., bei dem alle Merkmale undeutlicher, unregelmäßiger erschienen. Wir können als Ursache hierfür wohl

1) Wobei dahingestellt sein möge, ob diese Werkzeuge zentral nervös oder peripher muskulär sind.

ansehen, daß Hi. schon 7 Tage lang geübt hatte, daß seine Werkzeuge also gleichsam schon arbeitsbereit waren, während die Kurven von Bar. seine ersten waren. Man glaubte bisher, daß sich in vielen Fällen die ersten Kurven von den folgenden nur durch die Höhe unterscheiden. Unsere Messungen ergaben noch andere Unterschiede. Jene Treppe scheint, wie oben ausgeführt wurde, beim isolierten Froschmuskelpräparat geradeso vorzukommen, wie bei willkürlicher Muskelarbeit. So liegt die Vermutung nahe, daß die Treppe ein durch die Trägheit der peripheren Organe bedingtes Phänomen sei, daß die übrigen Unterschiede aber vielleicht auf der anfänglichen Schwerfälligkeit des Zentrums beruhen könnten. Hierfür würde auch sprechen, daß im Beginne der Arbeit die Vpn. von der Veränderung der Höhen von selbst nicht das mindeste merkten, daß sie sich aber, belehrt durch den Rhythmus der Klingel, deutlich bewußt waren, die Kontraktionen noch nicht mit der genügenden Promptheit zu vollziehen.

So erscheint es vielleicht zulässig, die als Charakteristika der ersten Kurven gefundenen Phänomene in zwei Gruppen gesondert zu betrachten. Man wird versuchen, die Verschmälerung der Kurven im Beginn getrennt von der Zunahme ihrer Höhe zu deuten. Vielleicht lassen sich die breiten Kurven des Anfangs durch ein gewisses Ungeschick der Vp. erklären, ein Unvermögen, die gestellte Aufgabe von vornherein richtig auszuführen[1]. Die Vp. hat (vorsichtig ausgedrückt) ihren ganzen, zur Erfüllung der Aufgabe nötigen Apparat gleichsam nicht so bereit, daß sie diese gleich von Beginn an richtig, d. h. im Sinn der gestellten Aufgabe, erledigen könnte. Sie vermag nämlich nicht das gehobene Gewicht sofort fallen zu lassen, sondern behält es kurze Zeit oben, leistet also eine kurze, gar nicht verlangte Dauerkontraktion. Sie findet sich erst nach einigen Ziehungen in ihre Aufgabe hinein, erst dann nämlich, wenn das rhythmisch wiederkehrende Klingelzeichen ihr gleichsam die Zeit beigebracht hat, in der die Kontraktion jedesmal ihr Ende gefunden haben müsse — kurz, bis sie sich in den Rhythmus eingelebt hat.

Und auch die Kreszente verläuft zuerst nicht (jedoch sehr bald) so steil wie später; die Kontraktion geht also noch nicht mit der

1) Vgl. auch eine Bemerkung von Treves 156.

späteren Geschwindigkeit vor sich. Und erst dann, und zwar ziemlich genau dann, wenn die ganzen Kurven anfangen, deutlich gedehnter zu werden, dann, wenn die Dehnung des Anstieges schon sehr auffällig geworden ist, hat die Abfallsbreite ihr Minimum erreicht und beginnt nun ebenfalls wieder zuzunehmen. Es erscheint mir nicht möglich, vorläufig weitere Deutungsversuche zu unternehmen. Man wird sicherlich daran denken, daß trotz völliger Erfassung der Aufgabe das Zentralorgan nicht imstande ist, von Beginn an völlig zweckentsprechende Reize auszusenden, daß es nicht von vornherein vermag, sei es nur den Kontraktionsvorgang in Stärke und Geschwindigkeit zu regeln, sei es Zusammenziehung und auch sogenannte Erschlaffung nach Wunsch ins Werk zu setzen, sondern daß erst die Kontrolle durch »Muskel-, Sehnen- und Gelenkempfindungen« es nach einigen Ziehungen ermöglicht, die verlangte Form der Kontraktion zu erzielen. Aber sicherlich könnte man dies Phänomen ebensogut auf manche andere Weise erklären, und doch wird sich kaum eine Erklärung als die richtige erweisen lassen; den Annahmen verbleibt weitester Spielraum. Es spricht vielleicht für obige Erklärung, daß, wie erwähnt, die Vpn. im Beginn jeder Reihe das deutliche Bewußtsein hatten, die Ziehungen noch nicht ganz richtig zu machen, die Aufgabe noch nicht korrekt zu erfüllen. Auch mir selbst als Vp. ging es so.

Erst nach einigen Kontraktionen verschwand dies Gefühl, fast möchte ich sagen der Hemmung, und machte einer Befriedigung Raum, daß ja jetzt alles gut gehe. Von Interesse war es auch, daß sich die beiden Vp. hierin sehr verschieden verhielten. Hi., der sich der Versuche mit größtem Eifer annahm, brauchte erst mehrere Tage, bis er sich so weit in der Gewalt hatte, kurzdauernde Ziehungen zu liefern. Vorher, wie die von ihm stammende Figur 11 zeigt, brachte er im Anfang jeder Serie nur Dauerkontraktionen fertig mit breitem Plateau und Doppelgipfel.

Diese Schleuderungen sind auch später bei Hi. recht bemerkenswert, während die sanften Anstiege Bar.s sie fast nie zeigen. Hi.s Kontraktionsvorgang vollzog sich, besonders im Anfang der Reihe, so rasch, daß das Gewicht über die eigentliche Hubhöhe hinausflog. Vielleicht ist hierin eine Erklärung dafür zu suchen, daß bei Hi. die Treppe recht wenig ausgeprägt ist. Sehen wir von seiner größeren

Übung ab, die ja ebensogut peripher wie zentral wirksam sein könnte, so vermögen wir uns vorzustellen, daß das Fehlen der Treppe durch seine starken Schleuderungen bedingt sein könnte, oder besser, daß die Treppe wohl vorhanden wäre, durch die Schleuderungen aber unwirksam würde. Auch in den Fällen, in denen auf eine kurze, etwa zweistufige Treppe eine längere (sekundäre) Treppe folgt, muß man an den Einfluß der Schleuderungen denken (etwa wie bei Bar. 4 u. 6). Indessen auch diese Doppeltreppe findet sich beim Froschmuskel (Robert Müller). Jedoch nicht nur das Vorkommen der Treppe beim Froschmuskel und beim Menschen, bei direkter und indirekter Reizung macht uns andererseits geneigt, sie nicht mit dem Zentralorgan in Verbindung zu bringen, auch manche andere Erfahrungstatsache spricht noch hierfür. Die Beanspruchung eines Muskels oder Nervs steigert ganz allgemein zunächst die Größe und Promptheit seiner Leistungen und setzt sie erst in einem zweiten Stadium herab (Zuntz 169). Ferner hinterläßt jeder Reiz eine geringe Erhöhung der Erregbarkeit, so daß bei regelmäßiger Sukzession von Reizen die Zuckungen allmählich wachsen (Wundt), und unwirksame Reize durch Wiederholung wirksam werden können (Fick).

Allmählich (und für die einzelnen Kennzeichen auch an verschiedener Stelle) geht der Anfangstypus der Kurven in den endgültigen über. Am längsten scheint die Abfallsbreite abzunehmen oder doch beständig zu bleiben, bis auch sie an der Dehnung der Kurve teilzunehmen beginnt. Denn dies erscheint wohl als das beste Kennzeichen der Kurvenänderung: sie werden niedriger, flacher, gedehnter. Im Anstieg beginnt die Verflachung; seine Breite nimmt zuerst und am ausgiebigsten zu. Bei Hi. war die Beteiligung des Abfalls an der Dehnung der Kurve größer als bei Bar. Es konnte auf Grund der vorliegenden Untersuchungen noch nicht ermittelt werden, ob dies eine individuelle Eigentümlichkeit von ihm war, ob er etwa wieder in seine alte Gewohnheit verfiel, das Gewicht länger oben festzuhalten, zu einer Zeit, als durch die beginnende Erschwerung der Arbeit vielleicht schon eine Ablenkung der Aufmerksamkeit vorhanden war. Doch kann er, wie Spechts Vp. H., auch unbewußt bestrebt gewesen sein, das Gewicht in demselben Zeitmaß sinken zu lassen, in dem er es hob. Daß die Beobachtungen über den etwaigen Einfluß der Übung auf die Gestalt des Ergogramms noch viel zu

spärliche sind, um Regeln aufzustellen, wurde schon oben besprochen, und auch der Einfluß des Alkohols wurde durch die vorliegende Untersuchung noch bei weitem nicht enthüllt. Immerhin erscheint die Übereinstimmung auffällig, mit der die A.V. bei beiden Vp. eine Vergrößerung der Höhen herbeiführten.

Die vorliegende Arbeit konnte nur ein erster Schritt auf dem Wege sein, die Veränderungen der Form des Ergogramms unter verschiedenen Versuchsbedingungen zu untersuchen. Besonders wird eine nächste Aufgabe sein müssen, den Rest der Ermüdungskurve (über die 25. Ziehung hinaus) in derselben Weise zu erforschen, d. h. die Form der Kurven zu betrachten, die mit schwerem, gleichbleibenden Gewicht gerade noch möglich sind, bevor die momentane Arbeitsunfähigkeit eintritt, die bisher als Ausdruck der Ermüdung angesehen wurde. Andererseits wird man nicht versäumen dürfen, die Kurven der konstanten Maximalarbeit daraufhin anzusehen, ob eine Veränderung ihrer Form allmählich oder periodisch eintritt. Zieht man dann noch die Veränderungen in Betracht, die ein Wechsel des Rhythmus, des Gewichtes vielleicht hervorrufen würde, und erstreckt man seine Forschungen auch auf elektrische Zuckungsreihen, so hat man eine Fülle des Stoffes und der Fragestellungen vor sich. Besonderes Augenmerk wird man jedoch dem »Anfangsverhalten« widmen müssen, der abweichenden Form der ersten Ziehungen jeder Reihe.

Literaturverzeichnis.

Die Werke sind nach dem Alphabet der Verfasser geordnet.

Alle aufgeführten Nummern selbst einzusehen, war mir besonders bei den italienischen und amerikanischen Arbeiten unmöglich. Ich glaube jedoch trotz etwaiger Ungenauigkeiten der Bezeichnung diese Werke nicht weglassen zu dürfen, um späteren Forschern möglichst umfangreiche Literaturhinweise zu geben.

174. Awramoff, Dobri: Philos. Studien. Bd. XVIII. Arbeit und Rhythmus 1902.

1. Basler, Adolf: Über Belastung, Reizstärke, Tetanus usw. Pflügers Archiv 102, 105, 106.

2. Benedicenti: Ergographische Untersuchungen über Kaffee, Tee, Maté, Guarana und Coca. Moleschotts Untersuchungen zur Naturl. d. Menschen. 16. H. 1 und 2.

3. Bernstein, J.: Über den Einfluß der Reizfrequenz auf die Entwicklung der Muskelkraft. Arch. f. Physiol. 1883. Suppl. S. 104.
134. Bernardini siehe Sarlo.
60. Biedermann: Elektrophysiologie. Jena 1895.
4. Binet, A. et Courtier: a) L'Année psycholog. 1895. t. 2. S. 87. b) 1896. t. 3. p. 30 u. 127.
6. a) Binet, A. et Vaschide, N.: Expériences de force musculaire et de fond chez les jeunes garçons. L'Année psychol. IV. 1898. (Mit Dynamometer, weniger mit Ergograph usw.)
b) —— Épreuves de vitesse chez les jeunes garçons. Ebenda. (Ergograph, auch Einzelergogramme.)
c) —— La mesure de la force musculaire chez les jeunes gens. Ebenda. (Wie 6a.)
d) —— Critique du dynamomètre ordinaire. Ebenda.
e) —— La physiologie du muscle dans les expériences de vitesse. Ebenda.
f) —— L'effort respiratoire pendant les expériences à l'ergographe. Ebenda.
g) —— Réparation de la fatigue musculaire. Ebenda.
h) —— Un nouvel ergographe, dit ergographe à ressort. Ebenda.
i) —— Examen critique de l'ergographe de Mosso. Ebenda.
7. Binet, A. et Henry, V.: La fatigue intellectuelle. Paris 1898.
8. Blumenthal, Arthur: Über die Wirkung verwandter chemischer Stoffe auf den quergestreiften Muskel. Pflügers A. 62. S. 539. (Alkohol.)
9. Bowditsch, H. P.: Über die Eigentümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. Verhandl. d. K. sächs. Gesellsch. d. Wissensch., math.-phys. Klasse. 1871. Bd. 23. S. 652. (Treppe.)
16. Broca, A. et Richet, C.: Expériences ergographiques pour mesurer la puissance maximum d'un muscle en régime régulier (C. R. hebd. de l'Académie des Sciences. t. 126. Nr. 4. Janvier 1898).
11. —— De quelques conditions du travail musculaire chez l'homme. Arch. de physiol. normale et patholog. 5. Sér. 1898. X.
12. —— De l'influence de la fréquence des mouvements et du poids soulevé sur la puissance maximum du muscle en régime régulier. Compt. rend. hebd. de l'Acad. d. sciences de Paris. 1898. t. 126.
13. —— De l'influence des intermittences de repos et de travail sur la puissance moyenne du muscle. Ebenda. 1898. 126. (Konstante Maximalarbeit.)
176. Broca, André: Artikel »Ergométrie« in Richets Dictionnaire de Physiologie.
14. Brown-Séquard: Remarques sur les expériences de Vito Copriati sur la force nerveuse et musculaire chez l'homme, mesurés par l'ergographe de Mosso, après des injections de liquide testiculaire. Arch. de Physiol. 1892. 24. S. 754/755.
15. Buckmaster: Über eine neue Beziehung zwischen Zuckung und Tetanus. Arch. f. Physiol. 86. S. 459. (Einleitende Zuckungen.)
16. Bugoslawsky (oder Boguslawski?): Die Kurve der Muskelermüdung beim Menschen unter dem Einfluß verschiedener Bedingungen (besprochen Schmidts Jahrb. 1892. Nr. 5. S. 116). Diss. Petersburg 1891 (betr. hauptsächlich die Tagesschwankungen beim Ergographieren).
17. Bum, A.: Über periphere und centrale Ermüdung. Wiener med. Presse. 1896. 37.
18. Burgerstein, M.: Die Arbeitskurve einer Schulstunde. Hamburg. (Psychische Arbeit.)
19. Carvallo et Weiss: Influence de la température sur la disparition et réapparition de la contraction musculaire. Journ. de physiologie et de pathologie générale. 1899. t. 1. S. 990.

20. Casarini, A.: L'ergographie crurale (électrique et volontaire) dans certaines conditions normales et pathologiques. Arch. ital. de Biologie. Taf. 38, p. 211. (Alkoholversuche.)
21. Copriati, V.: Deux expériences avec l'ergographe de Mosso. Annali di neurologia 92 fasc. 1—3. p. 2—32. (Einfluß orchitischen Extr.)
22. Dehio, H.: Untersuchungen über den Einfluß des Coffeins und Tees auf die Dauer einfacher psychischer Vorgänge. Diss. Dorpat 1887.
23. Deladrier: De l'influence de l'alcool sur le travail musculaire. Journ. médical de Bruxelles 1899. Nr. 4.
24. Demoor, J.: La fatigue et l'organisation du travail. Rapport présenté au XIIIme. Congrès d'hygiène et de démographie. Bruxelles 1903.
25. a) Destrée: Influence de l'alcool sur le travail musculaire. Le mouvement hygiénique. 1897. XIIIme. Année Nr. 11, 12.
b) —— Journ. médic. de Bruxelles 44. und 47. Nov. 97.
c) —— Intern. Monatsschrift zur Bekämpfung der Trinksitten. Heft 7 u. 8. 1899.
d) —— Monatsschrift für Psychiatrie IV. 1898.
26. Duchenne: Physiologie der Bewegungen, übersetzt von C. Wernicke. Cassel 1885.
27. —— Mécanisme de la physiognomie humaine ou analyse électrophysiologique de l'expression des passions, applicable à la pratique des arts plastiques. 1862.
28. —— De l'électrisation localisée. Paris 1855.
178. Dwelshauvers: Wundts Philosoph. Studien. VI. 1891. Untersuchungen zur Mechanik der aktiven Aufmerksamkeit.
29. Edinger: Zeitschr. f. klinische Medizin von Frerichs. Bd. 6 (betr. Verdickungs-, Zuckungskurven des menschlichen Muskels).
30. Engelmann: Pflügers, Archiv. 52. 1892. S. 618.
31. Fechner, G. Th.: Über den Gang der Muskelübung. (Ber. d. K. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig, math.-phys. Klasse. 9. Bd. 1857. S. 113.)
32. —— Beobachtungen, welche zu beweisen scheinen, daß durch die Übung der Glieder der einen Seite die der anderen zugleich mitgeübt werden. (Ber. d. K. sächs. Ges. d. Wissensch. zu Leipzig, math.-phys. Klasse 10. Bd. 1858. S. 70.)
34. a) Féré, Ch.: Sensation et mouvement, 1887. Paris. Alcan.
b) —— La pathologie des émotions. 1892.
c) —— Note sur l'ivresse motrice. Compt. rend. des sciences de la société de biologie 28. Juill. 1900.
d) —— Journal de l'Anatomie et de la Physiologie 1901. S. 14. (Ergograph, konstante Phase.)
e) —— Travail et plaisir, nouvelles études expérimentales de psycho-mécanique. Paris 1904.
36. a) Fick: Pflügers Arch. 41 (betr. Isometrische Myogramme des Menschen).
b) —— Medizinische Physik.
37. Fick, A.: Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte. Bd. 14. 1896 (gegen Frey).
38. Forel, A.: Alkohol und Muskelleistung (gegen Frey). Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte. Bd. 22. 1899.
39. Franz, S. J.: On the methods of estimating. (Americ. Journ. of Physiol. Bd. 4, Nr. 7. November 1905.) (Konstante Phase.)
40. Frey, H.: Über den Einfluß des Alkohols auf die Muskelermüdung (Mitteil. aus Kliniken u. medizin. Instituten d. Schweiz). 4. Reihe 1. Heft. 1896.

41. Frey, H.: Alkohol und Muskelernährung. 1903.
42. Frey, M. v.: Versuche zur Auflösung der tetanischen Muskelkurve. Beiträge zur Physiologie [Festschrift zu C. Ludwigs 70. Geburtstag] 1887. S. 64. Leipzig. (Treppe.)
43. —— Reizungsversuche am unbelasteten Muskel. Du Bois-Reymonds Arch. 1887. (Treppe.)
45. Funke, O.: Über den Einfluß der Ermüdung auf den zeitlichen Verlauf der Muskeltätigkeit. Pflügers Arch. 1874. Bd. 8. S. 213.
66. Gagnière s. Imbert.
177. Gineff, D.: Prüfung der Methoden zur Messung geistiger Ermüdung. Zürich 1898.
46. Grandis, V.: Sur une méthode pour calculer l'énergie développée par le muscle durant la contraction au moyen de l'ergographe. Archiv ital. de Biol. Bd. 38. p. 337.
47. a) Guillery: Über den Einfluß von Giften auf den Bewegungsapparat der Augen. Pflügers Archiv. 1899. 77. S. 321.
b) Über den Einfluß von Giften auf die Fusionsbewegungen der Augen. Pflügers Archiv. 1900. 79. S. 597.
48. Harley Vaughan: The value of sugar and the effect of smoking on muscular work. Journ. of Physiol. 1894. Bd. 15 [od. 16?] S. 97. (Ergograph.)
49. Harteneck: Untersuchungen über Ermüdung und Erholung des quergestreiften Muskels der Warm- und Kaltblütler. Würzburg 1877. Diss.
128. —— siehe Roßbach.
50. Heck, K.: Über den Einfluß des Alkohols auf die Muskelermüdung. Diss. Würzburg 1899.
53. Helenius Matti: Die Alkoholfrage. Jena, Fischer. 1903.
58. Henrotte (Ingenieur): Mathematische Arbeit über Ermüdung bei Kindern. Zit. in 24. (Marschversuche.)
51. Henry, Ch.: Recherches expérimentales sur l'entraînement musculaire. Compt. rend. de l'Académie des sciences de Paris. 1891. t. 112. p. 1473.
52. a) —— Sur le travail statique du muscle. Compt. rend. 5. Janv. 03. Bd. 136.
b) —— Nouvelles recherches sur le travail statique du muscle. 5. avril 1904. Ebenda.
54. Henry, Ch. et Joteyko, J.: Sur une relation entre le travail et le travail dit statique, énergétiquement équivalents à l'ergographe. Comptes rend. de l'Acad. des sciences de Paris vom 28. Dezember 1903.
55. —— Sur une loi de décroissance de l'effort à l'ergographe — 30 mars 1903. Bd. 136. S. 833.
56. —— Sur l'équation générale des courbes de fatigue — 24 août 1903.
57. —— Sur la mesure et sur les lois des variations de l'énergie disponible à l'ergographie suivant la fréquence des contractions et le poids soulevé. Compt. rend. de l'Acad. des sciences. 139. p. 876.
59. Hering, H. E.: Beitrag zur experimentellen Analyse koordinierter Bewegungen. Pflügers Arch. 1898. 70.
60. Hirschlaff, Leo: Zur Methode und Kritik der Ergographen-Messungen. Zeitschr. f. pädagog. Psychologie III. 1901.
78. Hoch siehe Kraepelin.
62. a) Hough, J.: Ergographic studies in neuro-muscular fatigue. Americ. Journ. of physiol. vol. 5. Mai 1, 1901.
b) —— Ergographic studies in muscular fatigue and soreness. Journ. of Boston Soc. of Med. science. V. 1900. (Ergograph, Lombardsche Schwankungen, konstante Phase.)

64. Imbert, A.: La fatigue et l'organisation du travail. Rapport présenté au XIIIme Congrès d'hygiène et de démographie. (III. Question IV. Section.) Bruxelles 03.
65. —— Mode de fonctionnement économique de l'organisme. Paris 1902.
66. Imbert, A. et Gagnière, J.: Comptes rendus 136. 2. juin 1903. Sur les caractères graphiques de la fatigue dans les mouvements volontaires chez l'homme.
171. Jensen, Paul: Zur Analyse der Muskelkontraktion. Pflügers Arch. 1901. Bd. 86.
67. Joteyko, J.: Recherches expérimentelles sur la fatigue des organes terminaux. C. R. de la Soc. de Biologie 26. Mai 1899.
68. —— Revue générale sur la fatigue musculaire. L'année psychologique. 1899. V. S. 35.
69. —— La méthode graphique appliquée à l'étude de la fatigue. Rv. scient. 1898.
70. —— Sur les modifications des constantes ergographiques dans diverses conditions expérimentales. Compt. rend. 24. Mai 1904.
71. —— L'effort nerveux et la fatigue. Arch. d. Biologie. 1899. Bd. 16.
35. —— Le quotient de la fatigue. Compt. rend. 1900. 130. S. 527.
72. —— Artikel im Dictionnaire de Physiologie par Charles Richet »Fatigue«.
73. —— Les lois de l'ergographie. Étude physiologique et mathématique. Bruxelles 1904.
75. Keiver-Smith, Margar.: Rhythmus und Arbeit. Wundts Philos. Studien. 1900. 16. S. 71 u. 197. (wenig ergogr. Studien.)
74. Keller: Pädagogisch-psychometrische Studien. Biolog. Centralblatt 1894.
76. Kemsies, F.: Deutsche medizinische Wochenschrift. 1696 u. 98. (Ergogr.)
77. Koch, Wilhelm: Ergographische Studien. Diss. Marburg 1894.
78. Hoch, August u. Kraepelin, E.: Über die Wirkung der Teebestandteile auf körperliche und geistige Arbeit. Psychol. Arbeiten I. 96.
79. Kraepelin, E. und Oseretzkowsky, Alexis: Über die Beeinflussung der Muskelleistung durch verschiedene Arbeitsbedingungen. Psych. Arbeiten. 1901. III.
80. Kraepelin, E.: Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch einige Arzneimittel. Jena 92. (Dynamometer.)
81. a) —— Über psychische Disposition. Archiv für Psychiatrie. XXV. 2.
b) —— Neuere Untersuchungen über die psychischen Wirkungen des Alkohols. Intern. Monatsschrift zur Bekämpfung der Trinksitten. 1899. 11.
c) —— Münchner med. Wochenschrift. 1899. Nr. 42.
d) —— Die Arbeitskurve. Leipzig 1902.
82. Kraus: Die Ermüdung als ein Maß der Konstitution. Bibl. medic. Cassel. G. Fischer 97.
83. Kries v.: Untersuchungen zur Mechanik des quergestr. Muskels. a) Du Bois' Archiv. 1880. b) Du Bois' Archiv. Phys. Abt. 1884. c) Du Bois' Archiv. Supplementband. 1886. d) Du Bois' Archiv. 1892.
84. a) Kronecker, H.: Monatsberichte der K. Akademie zu Berlin. 1870.
b) —— Über die Ermüdung und Erholung der quergestr. Muskeln. Verhandl. d. kgl. sächs. Gesellschaft der Wissensch. math.-phys. Klasse. 1871. Bd. 23.
85. Kronecker, H. und Stirling: Die Genesis des Tetanus. Archiv f. Physiol. 1878 u. 1880.
90. Kühne, W.: Über das Verhalten des Muskels zum Nerven. Unters. aus d. Phys. Inst. der Univ. Heidelberg. 1880. III. (Tetanusstudien).
86. Lagrange, F.: Physiologie des exercices du corps. 6. Aufl. 1892. Paris, Alcan.

87. Lagrange, F.: De l'exercice chez les adultes. 2. Aufl. 1892. Paris, Alcan.
88. Langemeier, E.: Over den invloed van suikergebruik op den spierarbeid. Diss. Amsterdam 1895.
89. Lehmannn: Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. 1899 und 1901. Atlas 1898. (Ergograph.)
170. Lefmann, G.: Über psychomotorische Störungen in Depressionszuständen. Kraepelins Psychol. Arbeiten. 1904. IV. (Ergogr.)
137. Lohmann, A.: Über die Beziehungen zwischen Hubhöhe und Zuckungsdauer bei der Ermüdung des Muskels. Pflügers Archiv. 1902. 91. S. 338.
91. Lovén: Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften. 1888. (Phys. Reiz gedehnter als elektrischer.)
33. Lombard, Warren P.: The effect of fatigue on voluntary muscular contractions. Americ. Journ. of Psychol. 1890. III.
92. —— Some of the influences which affect the power of voluntary muscular contractions. J. of Phys. 1892. 13. Nr. 1, 2.
93. —— Alterations in the strength which occur during fatiguing voluntary muscular work. (J. of Phys. 1893. 14. N. 1.) (Ergogr.)
94. —— Effet de la fatigue sur la contraction musculaire volontaire. Arch. ital. de biol. 1890. XIII. 371.
180. Luciani: Excitation mécanique des centres sensit.-moteurs de l'écorce cérébrale. Ebenda 1893.
95. Lugiato: Studi sperimentali sulla forma del sollevamento ergografico. Rivista di patologia nervosa e mentale VIII. fasc. 9.
96. —— Studi sperimentali sulla forma del sollevamento ergografico. Considerazioni critiche. Ebenda VIII. fasc. 12.
97. Maggiora, Arnaldo: Über die Gesetze der Ermüdung. Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abt. 1890. S. 191—243 u. 342.
98. —— Archiv ital. de Biologie. 1890. Bd. 13.
99. —— De l'action physiologique du massage. Ebenda. 1891. 16.
35. —— Sopra l'influenza dell' età sudi alcuni fenomeni della fatica. Modena 1897.
100. —— Influence de l'âge sur quelques phénomènes de la fatigue. (Bes. Lombardsche Schwankungen.) Archiv ital. de Biol. 1898. 29.
101. Manca, Gr.: Études sur l'entraînement musculaire. (Phys. Labor. Turin.) Arch. ital. de Biologie. T. XVII. p. 389.
102. —— Influence de jeûne sur la force musculaire. Arch. ital. de Biologie. 1894. XXI. p. 220 ff.
115. a) Marey: Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868.
b) —— Travaux du laboratoire de M. Marey. II. Année. 1876.
c) —— La méthode graphique. Paris 1868.
d) —— Études graphiques sur la nature des contractions musculaires. Journ. de l'Anat. 1866.
103. Mosso, A.: Die Ermüdung. Übers. v. J. Glinzer. Hirzel 1892. Leipzig.
104. —— Über die Gesetze der Ermüdung. Untersuchung an Muskeln des Menschen. Du Bois-R. Archiv für Anatomie und Physiologie. Phys. Abt. 1890. S. 89—168.
105. a) —— Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme. Archiv Ital. de Biologie. 1890. XIII. 123—186.
b) —— Reale Accademia dei Lincei. Serie 4 e vol. V. 1888.
106. Mosso, U. und Paoletti: Influenza dello zucchero sul lavoro dei muscoli. Atti della R. accademia dei Lincei. CCXC. (2) 1893.
107. Mosso, U.: Über die physiologische Wirkung des Cocains. Pflügers Arch. 1890. Bd. 47. S. 553—601. (Ergogr. Versuche.)

108. Mosso, U.: Action des principes actifs de la noix de Kola sur la contraction musculaire. Arch. Ital. de Biologie. 1893. 19. S. 241. (Ergogr. Versuche.)
109. a) Müller, G. M.: Zeitschr. f. Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. 1890. I. (Kritik Lombards.)
b) 1893. ebenda IV. S. 124. (Kritik Wallers.)
110. Müller, Robert: Über Mossos Ergographen mit Rücksicht auf seine physiologischen und psychologischen Anwendungen. Wundts philos. Studien 1901. 17. Bd. Leipzig, Wilhelm Engelmann.
111. a) —— Über den Verlauf der Ermüdungsreihe des quergestreiften Froschmuskels bei Einschaltung von Reizpausen. Centralbl. f. Physiol. 1901. 9. XI. Heft 16.
b) —— Untersuchungen über die Muskelkontraktion. Pflügers Arch. 1905. 107.
112. —— do. Pflügers Arch. 1905. Bd. 107.
113. Murri: Il Policlinico. II. 15. Sept. 1895. (Myasthenia ergographisch untersucht.)
114. Novi, J.: Die graphische Darstellung der Muskelermüdung. Centralbl. für Physiol. 1898. 11. S. 377.
79. Oseretzkowsky s. Kraepelin.
106. Paoletti s. Mosso.
116. Partridge, G. E.: Studies in the Psychology of Alcohol. Americ. Journ. of Psychol. 1900. XI.
117. Patrizi, W. L.: Oscillations quotidiennes du travail musculaire en rapport avec la température du corps. Arch. ital. 17. S. 134—144.
118. —— L'action de la chaleur et du froid sur la fatigue des muscles chez l'homme. Arch. ital. 19. S. 105—114. (Ergograph.)
119. Pompilian, M.: La contraction musculaire et la transformation de l'énergie. Steinheil, Paris 1897.
120. Pregl, Fritz: Zwei weitere ergographische Versuchsreihen über die Wirkung orchitischen Extraktes. Pflügers Arch. 1896. 62.
121. Richardson, B. W.: Brief notes for temperance teachers. London 1883. (Wirkung des Alkohols auf Muskelkraft?)
10—13. Richet, s. Broca.
122. Rollet, A.: Denkschrift der Kais. Akademie der Wissenschaft in Wien. 1887. Bd. 53 (betr. Muskelzuckung).
123. —— Über die Veränderlichkeit des Zuckungsverlaufes quergestreifter Muskeln bei fortgesetzter periodischer Erregung und bei der Erholung nach derselben. Pflügers Arch. 1896. 64. S. 507.
124. —— Zur Kenntnis der physiolog. Verschiedenheit der quergestreiften Muskeln der Kalt- und Warmblütler. Pflügers Arch. 1898. 71. S. 209.
125. Roncoroni und Diettrich (?): L'ergographie des aliénés. Arch. ital. de Biol. 1895. XXIII.
126. Rosemann, Rudolf: Der Alkohol als Nahrungsstoff. Pflügers Arch. 1903. 100.
127. Roßbach: Pflügers Arch. 13. S. 607 (betr. phys. Muskelunterschiede bei Kalt- und Warmblütlern).
128. Roßbach u. Harteneck: Muskelversuche an Warmblütlern. Pflügers Arch. 1877. 15.
129. Rossi: Recherches expérimentales sur la fatigue des muscles humains sous l'action des poisons nerveux. Arch. ital. de Biologie. 1895. t. 23. 1 u. 2. (Ergographenversuche, auch Alkohol betr.).
130. Rossi: Ricerche sperimentali sulla fatica dei muscoli umani sotto l'azione dei veleni nervosi. Rivista sperimentale di freniatria. 1894. XX.

175. Roux, s. Simon.
131. Sahli: Correspondenzblatt für Schweizer Ärzte. 1899. S. 719. (Alkoholwirkung auf Muskeln.)
132. Santesson: Studien über die allgemeine Mechanik des Muskels. Skandin. Archiv für Physiol. Bd. 3—4.
133. —— Einige Betrachtungen über die Ermüdbarkeit der motorischen Nervenendigungen und der Muskelsubstanz. do. 1895. 5. (Isolierter Froschmuskel.)
134. Sarlo de et Bernardini: Rivista sperimentale di freniatria. XVIII. 1. (Dynamometer.)
135. Scheffer, J. C. Th.: Studien über den Einfluß des Alkohols auf die Muskelarbeit. Arch. f. exper. Pathol. und Pharmakol. 1900. Bd. 44. Leipzig.
136. a) Schenk, F.: Über den Einfluß des Alkohols auf den ermüdeten Muskel. Der Alkoholismus. 1900. I. S. 87.
b) —— Kleinere Notizen zur allgemeinen Muskelphysiologie. Pflügers Arch. 1900. 79. S. 333.
c) —— Über den Verlauf der Muskelermüdung bei willkürlicher Erregung und bei isometrischem Kontraktionsakt. Pflügers Arch. 1900. 82. S. 384.
138. Schnyder, L.: Alkohol und Muskelkraft. Pflügers Arch. 1903. 93. S. 451.
139. —— Archives d'électricité médicale. Octobre 1902. (Elekt. Ergogramme?)
140. Schouteden, H.: Ergographie de la main droite et de la main gauche. Annales de la société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles. 1904. t. XIII.
141. Schumburg: Über die Bedeutung von Cola, Kaffee, Thee, Maté und Alkohol für die Leistung der Muskeln. Arch. f. Anatom. u. Physiol. Ph. Abt. 1899. Supplbd. 2. S. 289. (Ergograph.)
142. Schumburg u. Zuntz: Desgleichen. 1896. S. 537. (Zuckerwirkung auf Ermüdungskurve.)
173. —— Studien zu einer Physiologie des Marsches. Berlin, Hirschwald, 1901.
143. Schuyten, M. C.: Sur les méthodes de mensuration de la fatigue des écoliers. Archives de Psychologie. 1903. II.
175. Simon, Th. et Roux, J. Ch.: Sur un nouvel ergomètre. Compt. rend. 1903. 136. S. 53 (für M. abductor indicis).
44. Sogalla, Bruno: Beiträge zur mechanischen Analyse der Muskelzuckungskurven. Diss. Würzburg. 89.
144. Specht, Wilhelm: Intervall und Arbeit. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des durch akustische Reize begrenzten Intervalls auf den zeitlichen und formalen Verlauf körperlicher Arbeitsverrichtung. Archiv f. d. ges. Psychologie. 1904. III.
145. Starke, J.: Über den Einfluß des Centralnervensystems auf die Erregbarkeit des motorischen Nerven. Centralblatt für Physiologie. 1898. Bd. XII. Nr. 18.
85. Stirling siehe Kronecker.
146. Stokvis: Brit. med. Journ. 1895. 23 (betr. Wirkung des Zuckers auf Ermüdungskurven).
175. a) Storey, Thos. A.: The daily variation in the power of voluntary muscular contraction. American physical education review. 1902. VII. 4.
b) —— Some daily variations in heigth, weigth and strength.
c) —— The influence of fatigue upon the speed of voluntary contraction of human muscle. Americ. Journ. of Physiology. 1903. VIII. 4.
d —— The immediate influence of exercise upon the irritability of human voluntary muscle. do. 1903. IX.

175. e) Storey, Thos. A.: Variations in the amplitude of the contractions of human voluntary muscle in response to graded variations in the strength of the induced shock. do. 1903. VIII.
f) —— Studies in voluntary muscular contractions. Dissertation. California Stanford Univ. 1904.
Alle sechs zitiert nach Meumanns Archiv III. 04; alle enthalten neue Ergogrammformen und behandeln besonders die Tageskurve.
147. Stupin, S.: Beiträge zur Kenntnis der Ermüdung beim Menschen. Scand. Arch. f. Physiol. Vol. XII. p. 163. (Ergograph.-Kritik Treves'.)
148. Tarchanoff: Atti dell' XI. Congresso medico internazionale di Roma. Vol. II. (Einfluß der Musik auf Ergographenarbeit.)
149. Tavernari: Ricerche intorno all' azione di alcuni nervini sul lavoro dei muscoli affaticati. Riv. sper. di fren. 1897. 23.
150. Tiegel: Über den Einfluß einiger willkürlich Veränderlichen auf die Zuckungshöhe des untermaximal gereizten Muskels. Verhandl. d. kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch., math.-phys. Klasse. 1875. Bd. 27 (betrifft auch die Treppe).
151. Tissié, Ph.: La fatigue et l'entraînement physique. Paris, Alcan. 1897. (Populär.)
152. Treves, Zaccaria: La fatigue et l'organisation du travail. Rapport présenté au XIIIme Congrès d'hygiène et de démographie. Bruxelles 1903.
153. —— Sur les lois du travail musculaire. Arch. ital. de Biologie. vol. 29. fasc. II. 30 u. 33 fasc. I.
154. —— Sur le moment de rotation du muscle fléchisseur superficiel du doigt médian rélativement à l'articulation interphalangienne. Arch. ital. de Biologie. 38. S. 369.
155. —— Über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis die Ergographie betreffend. Pflügers Archiv. 1902. 88.
156. —— Über die Gesetze der willkürlichen Muskelarbeit. Pflügers Archiv. 1899. 78. S. 163.
157. Tümpel, R.: Über die Versuche, geistige Ermüdung durch mechanische Messungen zu untersuchen. Zeitschrift f. Philos. u. Pädagog. 1898. V.
158. Verworn, Max: Zur Physiologie der nervösen Hemmungserscheinungen. Archiv für Anatomie und Physiologie. Phys. Abteil. 1900. Supplbd. S. 104.
159. Volkmann, A. W.: Die Ermüdungsverhältnisse des Muskels. Pflügers Arch. 1870. 3.
160. —— Über den Einfluß der Übung auf das Erkennen räumlicher Distanzen. Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissenschaften zu Leipzig, math.-phys. Klasse. 1858. 10. Bd. S. 38. (Übung.)
161. a) Waller: The rule of effort: an objective study, Brain 1891. (Wechsel von willkürlichem und elektrischem Ergographieren.)
b) —— On the influence of reagents on the electrical excitability of isolated nerve. Brain 1896. Vol. XIX.
162. Wedenski, N.: Über die Beziehungen zwischen Reizung und Erregung im Tetanus. St. Petersburg 1886 (und schon 1884?).
19. Weiss, siehe Carvallo.
163. Weißenfeld, J.: Der Wein als Erregungsmittel beim Menschen. Pflügers Arch. 1898. 71. S. 61.
164. Wendelstadt, H.: Zur Wirkung des Weingeistes auf die Atmung des Menschen. Pflügers Arch. 1899. 76.

165. Wundt, W.: Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren. Abt. I. 1871.
166. —— Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858. (Wichtig für Muskelkurvendehnung.)
167. a) Zenoni: Recherches expérimentales sur le travail musculaire dans l'air comprimé. Arch. ital. de Biologie. 1897. 27.
b) —— Ricerche cliniche sull' affaticamento muscolare nei diabetici. Policlinico III. 1896.
168. Zoth, Oscar: Zwei ergographische Versuchsreihen über die Wirkung orchitischen Extraktes. Pflügers Arch. 1896. 62. S. 335.
169. Zuntz: La fatigue et l'organisation du travail. Rapport présenté au XIIIme Congrès d'hygiène et de démographie. Bruxelles 1903.
142. Zuntz und Schumburg vgl. Schumburg.

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

Sammlung von Abhandlungen zur psychologischen Pädagogik

Herausgegeben von

Ernst Meumann

Gr. 8.

I. Band.

1. Heft: **Meßmer, Oskar,** Zur Psychologie des Lesens bei Kindern und Erwachsenen. Mit 5 Figuren im Text. V, 109 S. *M* 2.—.

2. Heft: **Ament, Wilhelm,** Fortschritte der Kinderseelenkunde 1895—1903. Zweite, verbesserte Auflage. IV, 76 S. *M* 2.—.

3. Heft: **Schmidt, Friedrich,** Experimentelle Untersuchungen über die Hausaufgaben des Schulkindes. Ein Beitrag zur experimentellen Pädagogik. Mit 2 Figuren im Text. V, 120 S. *M* 2.—.

4. Heft: **Mayer, August,** Über Einzel- und Gesamtleistung des Schulkindes. Ein Beitrag zur experimentellen Pädagogik. IV, 136 S. *M* 2.40.

5. Heft: **Ebert, E.,** und **E. Meumann,** Über einige Grundfragen der Psychologie der Übungsphänomene im Bereiche des Gedächtnisses. Mit einer Figur im Text. IX, 232 S. *M* 4.50.

II. Band.

1. Heft: **Pedersen, R. H.,** Experimentelle Untersuchungen der visuellen und akustischen Erinnerungsbilder, angestellt an Schulkindern. Mit 2 Figuren im Text. — **I. A. Gheorgov,** Die ersten Anfänge des sprachlichen Ausdrucks für das Selbstbewußtsein bei Kindern. IV, 96 S. *M* 1.80.

2. Heft: **Lehmann, Alfr.,** und **R. H. Pedersen,** Das Wetter und unsere Arbeit. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der meteorologischen Faktoren auf die körperliche und seelische Arbeitsfähigkeit. Mit 20 Figuren im Text. V, 106 S. *M* 2.—.

3. Heft: **Gheorgov, I. A.,** Ein Beitrag zur grammatischen Entwicklung der Kindersprache. IV, 191 S. *M* 3.—.

4. Heft: **Huther, A.,** Über das Problem einer psychologischen und pädagogischen Theorie der intellektuellen Begabung. IV, 41 S. *M* 1.—.

5. Heft: **Rakić, V.,** Gedanken über Erziehung durch Spiel und Kunst. IV, 58 S. *M* 1.20.

III. Band.

1. Heft: **Kronfeld, Arthur,** Uber die psychologischen Theorien Freuds und verwandte Anschauungen. Systematik und kritische Erörterung. IV, 120 S. *M* 2.40.

2. Heft: **Josefovici, U.,** Die psychische Vererbung. VII, 155 S. *M* 2.80.

3. Heft: **Anschütz, Georg,** Spekulative, exakte und angewandte Psychologie. Eine Untersuchung über die Prinzipien der psychologischen Erkenntnis. Mit 3 Figuren im Text. VI, 88 S. *M* 2.60.

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

Das menschliche Gehirn

nach seinem Aufbau und seinen wesentlichen Leistungen

Gemeinverständlich dargestellt

von

Dr. R. A. Pfeifer

Mit 81 Abbildungen im Text. Lex. 8. V u. 155 Seiten. ℳ 3.—

Pfeifer hat vor allem eine gemeinverständliche Form der Darstellung erstrebt und mit großem pädagogischen Geschick erreicht. Durch Einfachheit der Sprache, durch Erklärung der wichtigsten medizinischen Fachausdrücke und vor allem durch ein ganz vortrefflich ausgewähltes Bildermaterial macht der Verf. das Studium der Gehirnanatomie in einer Weise zugänglich, die dem Leser die Schwierigkeiten der Histologie des Gehirns fast überhaupt nicht zum Bewußtsein bringt . . . .

. . . Auf zwei Eigenschaften des Pfeiferschen Buches möchte ich noch besonders hinweisen. Die Literaturnachweise geben eine Anzahl Werke und Schriften an, mittels deren der Leser zu weiteren Studien über Anatomie und Physiologie des Gehirns übergehen kann. Vor allem aber sind die Abbildungen des Buches wertvoll. So halte ich es z. B. für einen besonders glücklichen Gedanken des Verf. mehr Gesamtabbildungen zu bieten, als es in den medizinischen Werken üblich ist . . .

Professor E. Meumann in „Archiv f. d. ges. Psychologie".

Die geopsychischen Erscheinungen

Wetter, Klima und Landschaft in ihrem Einfluß auf das Seelenleben

Dargestellt von

Willy Hellpach

Dr. phil. et med. Professor der Psychologie in Karlsruhe

VI, 368 S. 8. Preis ℳ 6.—, in Leinen geb. ℳ 7.20

Das Buch hat das Verdienst, wohl als erstes eine umfassende Darstellung wichtiger und durchaus noch nicht genügend bearbeiteter Probleme in klarer und angenehmer Darstellung zu bringen. *Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie. Bd. V, Heft 5.*

Das Buch muß als wichtige Neuerscheinung auf einem bisher wenig beachteten Gebiete begrüßt werden. *Medizinische Wochenschrift. 59. Jahrg. Nr. 2.*

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Lebenslauf.

Ich bin am 7. November 1880 zu Lübben in der Niederlausitz geboren als Sohn des K. Rechnungsrates Franz Karl Heinrich Gruhle und seiner Ehefrau Thekla Sidonie geb. Schumann. Ich besuchte die Vorschule und das K. Gymnasium zu Oels in Schlesien und das städtische Gymnasium Wettinianum zu Dresden. Hier erlangte ich das Reifezeugnis. Ich widmete mich dem Studium der Medizin zu Leipzig, wo ich die ärztliche Vorprüfung bestand, zu Würzburg und zu München, wo ich die ärztliche Approbation im Sommer 1904 erhielt. Vom November 1904 bis April 1905 war ich an der Münchener Psychiatrischen Klinik wissenschaftlich tätig und bin seither an der Grossherzoglich badischen Psychiatrischen Klinik zu Heidelberg als Assistent angestellt.